欧姆社学习漫画

漫画电池

〔日〕藤泷 和弘　佐藤 祐一／著
〔日〕真西 まり／漫画绘制
〔日〕トレンド・プロ／漫画制作
滕永红／译



科学出版社

欧姆社学习漫画

漫画电池

〔日〕藤泷 和弘　佐藤 祐一　著

〔日〕真西まり　漫画绘制

〔日〕トレンド・プロ　漫画制作

滕永红　译



科学出版社

北京

图字：01-2012-4185号

内 容 简 介

你是不是正在学习电池知识呢？你是不是对电池的知识很感兴趣呢？你是不是正为如何能更好地学习电池的相关知识而头痛不已？那么，对你来说，这本书再适合不过了。这是世界上最简单易学的电池教科书与普及读物，它通过漫画式的情境说明，让你边看故事边学知识，每读完一篇就能理解一个概念，只要你跟着主人公的思路走，那么你肯定能在较短的时间内了解电池的相关知识。

有趣的故事情节、时尚的漫画人物造型、细致的内容讲解定能给你留下深刻的印象，让你过目不忘。不论你是学生、上班族还是已经自己创业的“老板”，活学活用电池的相关知识，定会给你的学习、工作与生活增添更多的便利。

图书在版编目（CIP）数据

漫画电池/（日）藤泷和弘，（日）佐藤祐一 著；（日）真西まり漫画绘制；（日）トレンド•プロ 漫画制作；滕永红 译. —北京：科学出版社，2012

（欧姆社学习漫画）

ISBN 978-7-03-035261-3

Ⅰ.漫…　Ⅱ.①藤…②佐…③真…④卜…⑤滕…　Ⅲ.电池-普及读物
Ⅳ.TM911-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2012）第185363号

责任编辑：张丽娜　赵丽艳 / 责任制作：董立颖　魏　谨
责任印制：赵德静 / 封面制作：泊　远

北京东方科龙图文有限公司　制作
http://www.okbook.com.cn

科学出版社　出版
北京东黄城根北街16号
邮政编码：100717
http://www.sciencep.com

北京市四季青双青印刷厂　印刷
科学出版社发行　各地新华书店经销

*

2012年10月第　一　版　开本：787×1092　1/16
2012年10月第一次印刷　印张：12 1/4
印数：1—5 000　字数：193 000

定价：32.00元

（如有印装质量问题，我社负责调换）

序　言

自从1800年意大利的科学家伏打（伏特）发明伏打电堆（又名伏特电堆）以来，已经过了210多年，在此期间，有很多电池出现又消失了。日本领先于世界分别于1990年和1991年实现了镍氢二次电池、锂离子二次电池的商业化。现在在日本市面上售有10种以上的电池，可以堪称“电池王国”。

在现代社会，各种便携型电器已经成为人类日常生活中不可缺少的东西。电池作为支撑这些电器的无名英雄一直在默默地发挥着自己的作用。例如，作为停电时大厦的紧急用电源、计算机的支持电源，还有在以新干线为代表的包括电车、飞机、船舶在内的交通工具上，以及平常我们很少接触的一些领域，都会用到电池。尤其是被用于手机和笔记本电脑中的锂离子二次电池，可以说它正支撑着这个信息化的社会，这样说一点也不夸张。锂离子二次电池被进一步大型化后，将会被广泛地用在混合动力汽车、电动车上，并且还会被用来储存由太阳能电池、风力发电所得到的电力或夜间的剩余电力。

电池虽然在我们身边到处都是，可是我们平常却无法看到它里面的结构。对于我们能轻易弄到的电池，如果使用方法错误的话，就会缩短其使用寿命，甚至有可能会引发起火、烫伤等。如果了解各种电池的特点后再灵活地使用，就能够延长其使用寿命。

为了能让更多对电池感兴趣的人了解电池内部结构，我们规划了本书。我们将尽可能地采用漫画的手法和简单的语言来叙述，以便于让那些对化学式不擅长的人理解，并且在每章的后面还设置了补充说明，用来叙述一些前面部分无法详尽地介绍的专业性内容。如果读者们在读完本书后对电池的兴趣进一步加深，并正确地了解了一些电池的相关知识，我们将会感到无比欣慰。

最后我们向负责为本书绘制漫画的真西まり、负责漫画制作的株式会社トレンド·プロ的各位成员以及给我们提供执笔机会的株式会社欧姆社开发部的各位成员表示衷心的感谢。

藤泷和弘　佐藤祐一

2012年3月

目　录

第3章 二次电池 75

第4章 燃料电池 111

序　章



啪嚓
啪嚓
哗哗
又是突然就下雨了！
啊！
我们到那里去避避雨吧！


那里……
嗖
等等！
电池博物馆
发抖
这里该不是传说中的鬼屋吧？……
发抖
嗨哎——
是吗？
我觉得这就是一个普通的房子。



战战
兢兢
那是你感觉太迟钝了！
本来这里就没有人气，阴森森的令人毛骨悚然……
闪光
哎呀!!
哈啊
啪嚓
傻瓜！
不要靠得太紧啦！
不……
我靠过来是因为那边好像有什么东西……
哎呀。
吱嘎
门好像开着。
吱嘎
雨好像不会马上停下来，
我们去屋里面等等吧！


屋里有人吗？
吱嘎
你说什么啊!?
等，等等！
这是什么？……



啪
嗒
啊呀!!
欢迎光临。
哎呀!
微笑
啊,
对不起!
突然打扰你……
扑通
扑通
哪里哪里,
好久没有顾客来了,
见到你们我很高兴。
那个,
不好意思,
我们不是
顾客。


哗哗
因为外面雨太大了，所以想在这里避避雨……
呵呵……
我还以为是有顾客来了呢！
你说顾客？这里是商店吗？
不是商店，
这里是“电池博物馆”。
电池博物馆？
你们不知道电池吗？



不，
我们当然知道电池……
啪
啪
似乎很有趣！
啊！？
小达，
你喜欢电池吗？
也可以说我喜欢电池吧，
因为我喜欢摆弄机械。
在机械中有很多东西都会用到电池哦。
在这个博物馆里展示了各种电池，
并且还介绍了电池的结构原理。



什么——
竟然会有这样的博物馆，我还真不知道！
如果你们是顾客的话，我就完成了这个月的目标人数，可惜……
咔……
咦？
是吗？
嗯，
我这个月的目标人数是35人。
目标
35人
来客登记簿
你们看
目标很低吧……
其中有30人次都是我。
哗啦啦地翻开
7月访客名单
池电亚美，池电亚美
池电亚美
池电亚美，
池电亚美，池电亚美
池电亚美
池电亚美
池电亚美，亚美
池电亚美
池电亚美
池电亚美
亚美
亚美，亚美
亚美
亚美
亚美
亚美
难道根本没有顾客来吗！


是啊……
因此，
唉！
你们若是对电池感兴趣的话，明天能否也过来？
在这里连个说话的人都没有，好寂寞啊。
那么，明天见！
我们又要打扰你了。
扑通
咔嚓
哎哟，好痛！
你为什么是色迷迷的样子？
呵呵，
谢谢你们！
我没有色迷迷的啦，
人家让我们避雨了，我只是想感谢人家。

第1章

电池的基础知识

1.1 我们身边的电池及其用途





你好。
欢迎欢迎。
啪嗒
啪嗒
你们真的来了，
我很高兴！
我们要遵守约定嘛。
是遵守与可爱的
女孩子的约定吧。
你说什么呀，
从刚开始就抱
怨个不停。
没什么。
哼
呵呵
你们关系好
像很好哟！
我是这个电池博物馆
的馆长池电亚美，
请你们多多关照。


馆长?
没错，我是这里的馆长。
我父亲去世后我就继承了这里。
可是，你的年龄看起来和我们差不多……
你们都是高中生吧？
我已经25岁了。
怎么会呢。
我觉得她绝对像个高中生……
能告诉我你们的名字吗？
我叫伊座达。
我叫牡丹由理。


是小达和
由理啊。
你们难得来这里，就
请你们在这里享受一
下电池的乐趣吧。
你说享受电池
的乐趣……
电池
电池就是那个像筒
子一样的东西吗？
由理说的是锰干电池和碱
性干电池吧？
确实它们都是在我们身
边所使用的电池。
它们经常被用到手电
筒和电视遥控器中，
并且还被用到玩具
中吧？
没错。
不过除此之外还有
其他种类的电池。
例如，
在手机、笔记本电脑、数码相机
中，大都会用到可以充电后被反
复利用的锂离子电池。


你这么一说，我想起来了放在数码相机中的四方形电池……
我还曾见过圆形的电池。
纽扣电池
硬币电池
像在手表中的氧化银电池之类的纽扣电池，
像锂电池之类的硬币电池，都是圆形的哦。
混合动力汽车
另外，在汽车的引擎启动装置中会用到铅蓄电池，
在混合动力汽车中会用到镍氢二次电池。
在电动汽车中还会用到大型的锂离子电池。



※ 已经制定了关于锂离子电池安全性试验的规则（JIS C 8714）。


纽扣电池
原来电池有这么多种啊。
我不明白它本身拥有什么东西，为何称它为电池……
如果从科学的角度来解释的话，
电池就是指“利用化学反应和物理能量直接产生电（即电能）的
一种装置”。
我觉得有点似懂非懂……
你们过来这边，
我来具体地解释一下吧。

1.2 电池的分类



实习室
电池
唰
唰
电池可分为两大类，即利用化学反应产生电能的化学电池
和利用物理能量产生电能的物理电池。
电池
化学电池
物理电池
化学反应是指某种物质变为其他物质的反应吧？
没错。
在物质变化的反应中会产生电能的就是化学电池。
物理能量是指光和热等能量。


化学电池和物理电池还可以这样分类。
电池
化学电池
一次电池
二次电池
燃料电池
物理电池
太阳能电池
热电池
核电池
化学电池可以分为3种：放电后不能再利用的一次电池，
一次电池
充电后可以多次利用的二次电池，
二次电池
以及如果供应会发生化学反应的物质就能产生电能的
燃料电池。
燃料电池
原来可以根据化学电池是能够反复地
被利用还是只能被利用一次来将它分类啊。
没错。


物理电池
包括受到光照后会产生电能的太阳能电池，
太阳能电池
热电转换元件
通过热能会产生电能的热电池（也叫热激活储备电池），
通过核能会产生电能的
核电池。
这是根据由什么样的物理能量会产生电能来分类的吧。
电池
化学电池
一次电池
二次电池
燃料电池
物理电池
太阳能电池
热电池
核电池
怎么样？
你们明白电池是什么样的东西了吗？
嗯，
似乎明白了……
难得有这样的机会，你们想试着制作一下电池吗？

1.3 制作电池



好。
我想制作电池！
我很擅长手工制作哟！
小达的工作热情被点燃了……
哇哇!!
哐当
制作电池的材料就是这些。
材料
木炭，铝箔，厨房用纸，还有食盐水。
木炭
厨房用纸
食盐水
铝箔
用这些就能制作出电池吗？
那当然，即使没有什么特别的工具和技术，只要掌握正确的知识，谁都能够制作出电池哦。


如何用这些材料来制作电池呢？
？
首先，
让食盐水渗入厨房用纸中，
食盐水
接着把浸入了食盐水的厨房用纸缠绕在木炭上，
缠绕
铝箔
厨房用纸
接着再将铝箔缠绕在厨房用纸上。
此时要注意不要让铝箔和木炭直接接触。
好了，这样就完成了。
木炭
厨房用纸
铝箔


什么？
已经完成了!？
我也
做好了……！
两眼
泛光
好快啊！
你们看，
如果这样把铝箔和
木炭连接起来的话，
就会有电流
通过了吧？
咔
嚓
哦！
轻轻地

1.4 电池的历史



最早发明的电池也是采用了相同的原理。
嚓
啪
（突然显现）
铁棒
铜管
陶罐
这是电池吗？
陶罐、铁棒、铜管，
人们认为“巴格达电池”（Baghdad Battery）是公元前3世纪到公元3世纪间的一种物品。
那么久远之前就有电池了吗!?
是啊，很令人吃惊吧！
1932年德国考古学家瓦利哈拉姆•卡维尼格在伊拉克首都巴格达近郊格加特拉布阿遗址发现了它们，它们是帕提亚时代的遗物。
陶罐
铜管
这在当时是否被作为电池使用，我们还不太清楚。



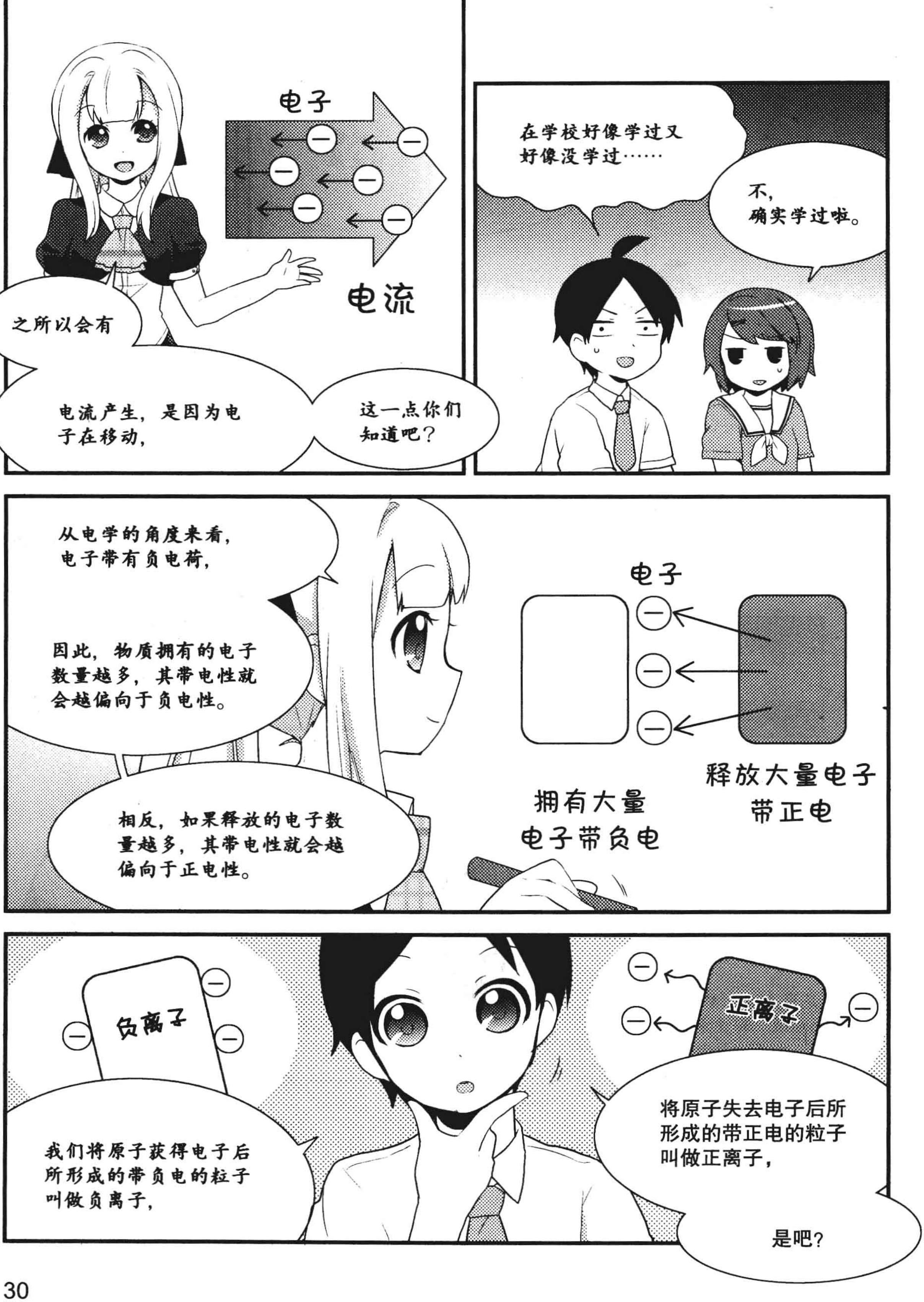
古代的人竟然已经会利用电力，真是了不起啊！
哇，好凉快！
不过，如果在铜管中加入由葡萄酒腐坏而产生的乙酸和氯化钠等物质，再把铁棒放置到铜管内的话，就能产生0.8V左右的电压，这一点是毫无疑问的。
可能古代的人会把多个这样的装置连接起来用它们镀金。
嘀
那么，接着要讲的是这个。
伽伐尼的青蛙实验
铁棒
成为电解液的部分
电流方向
铜或黄铜丝
剥了皮的青蛙腿
啪啪
哎呀！
哈啊
……
啪
这就是生物电的实验图解。
嗯，嗯
伽伐尼的青蛙实验
剥了皮的青蛙腿
生物电？


伽伐尼的青蛙实验
铁棒
成为电解液的部分
电流方向
铜或黄铜丝
在1780年左右，意大利生物学家和解剖学家路易吉·伽伐尼(Luigi Galvani）用铜丝穿过青蛙腿，
然后将它悬挂在铁棒上，发现青蛙腿会剧烈地痉挛、抖动。
哎呀
颤抖
颤抖
确实是令人吃惊的实验啊……
发现这一现象的伽伐尼当时就提出：在动物体内有电。
并且，当时人们都相信了这一说法。
实际上这一说法是错误的吗？
没错，这一说法是错误的。
铁和铜这两种不同的金属接触到电解液后会产生电压，从而会引起肌肉收缩。
这一观点是后来由伏特所表明的。
铜
铁
电解液
产生电压
青蛙腿部所含的体液发挥了电解液的作用。



结果伽伐尼所提出的说法就被否定了，但是他的实验却给阐明兴奋在神经细胞间传递的组织结构原理开了先端，
现在正向着医用电子学（Medical Electronics）、生物电子学（Bioelectronics）发展。
科学就是这样不断地发展起来的吧。
伏特电堆
亚历山德罗·伏特
LIRE DIECIMILA
10000
我们平常所使用的锰干电池等电池的原型是由意大利的
物理学家亚历山德罗·伏特（Alessandro Volta）所发明的。
是你刚才所提到的那个伏特先生吗？
没错，
他的名字后来被作为电压单位“伏特”。他是一位了不起的物理学家哟！
伏特
Volt
好像他的头像还被印在了意大利的钱币上。

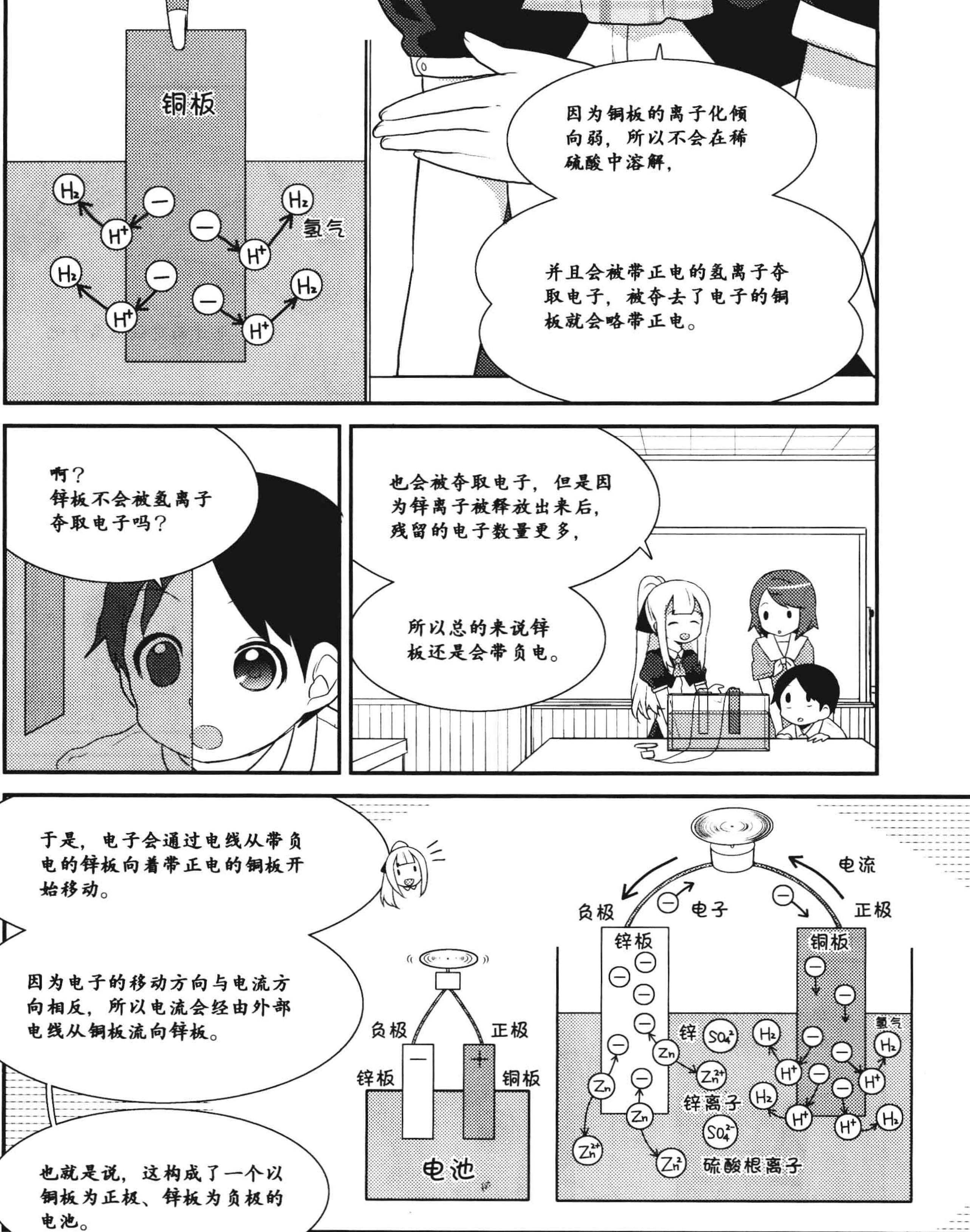

伏特所发明出的东西被称为“伏特电池”或“伏特电堆”。
书写
书写
伏特电池由两种金属和含有氯化钠溶液或盐酸的湿布构成，
通过它们之间的化学反应会产生电子。
铜
锌
含有氯化钠溶液或盐酸的湿抹布
不同种类的金属
之后尼可尔生（William Nicholson）和卡利斯列（Anthong Carlisle）利用这种电池进行了水的电解，
汉弗莱·戴维（Humphry Davy）又通过电解实验首次提取出了钾、钠等碱金属。
多亏伏特发明了电池才会有之后的各种实验啊！
伏特发明的电池就是我们平常所使用的电池的原型。
让我来给你们解释一下它的结构原理吧。
电池
好的！
请给我们讲一下！


电子
电流
之所以会有
电流产生，是因为电子在移动，
这一点你们知道吧？
在学校好像学过又好像没学过……
不，确实学过啦。
从电学的角度来看，电子带有负电荷，
因此，物质拥有的电子数量越多，其带电性就会越偏向于负电性。
相反，如果释放的电子数量越多，其带电性就会越偏向于正电性。
电子
拥有大量电子带负电
释放大量电子带正电
负离子
正离子
我们将原子获得电子后所形成的带负电的粒子叫做负离子，
将原子失去电子后所形成的带正电的粒子叫做正离子，
是吧？

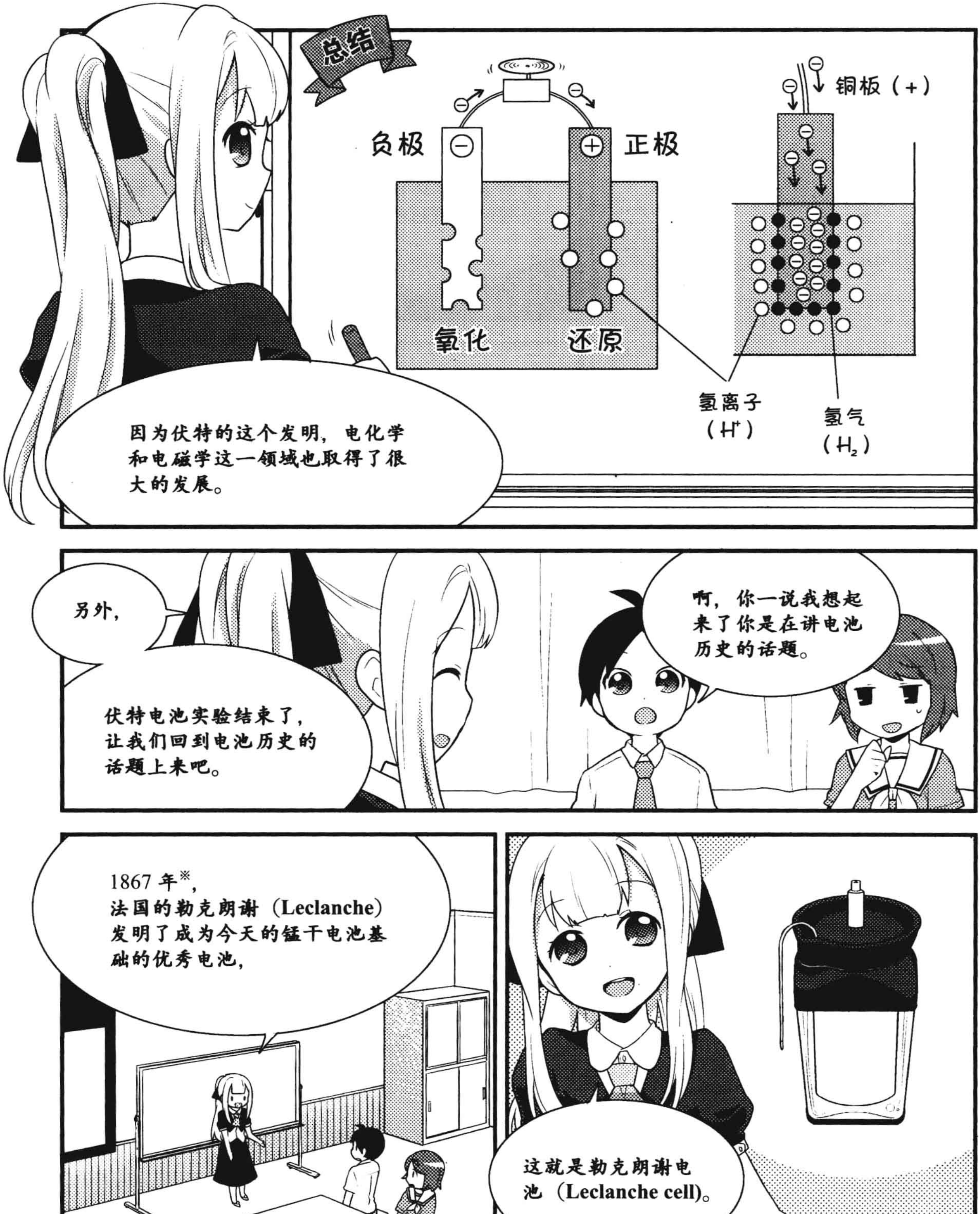

没错。
并且我们将含有负离子和正离子的导电液体叫做电解液，
这个也要记住哦。
电解液
另外，
如果将金属放入水溶液中，金属就会具有释放电子的性质。
主要金属的离子化倾向由大到小依次为这样。
大
小
锂 锌 铅 铜 银 金
释放电子后，金属就会变成正离子吧？
非常正确。
但是不同的金属变成正离子的难易程度不同，
我们将这叫做金属的离子化倾向。
看一下这个图，就能够明白如果把铜和锌做比较，锌更容易变成正离子。


容易释放电子
大
锂 锌 铅 铜
容易变成正离子就是指容易释放电子吧。
对。那么了解这点之后让我们来实际制作伏特电池吧！
哇——
首先把稀硫酸倒入水槽之中。
因为稀硫酸（H_2SO_4）是电解液，所以它会电离形成氢离子和硫酸根离子。
SO_4^{2-}
H^+
硫酸根离子
氢离子
稀硫酸
接着将锌板和铜板浸入到稀硫酸溶液中，然后将电动机与它们连接。
那么，你们认为这样做会产生什么结果呢？
锌板
铜板

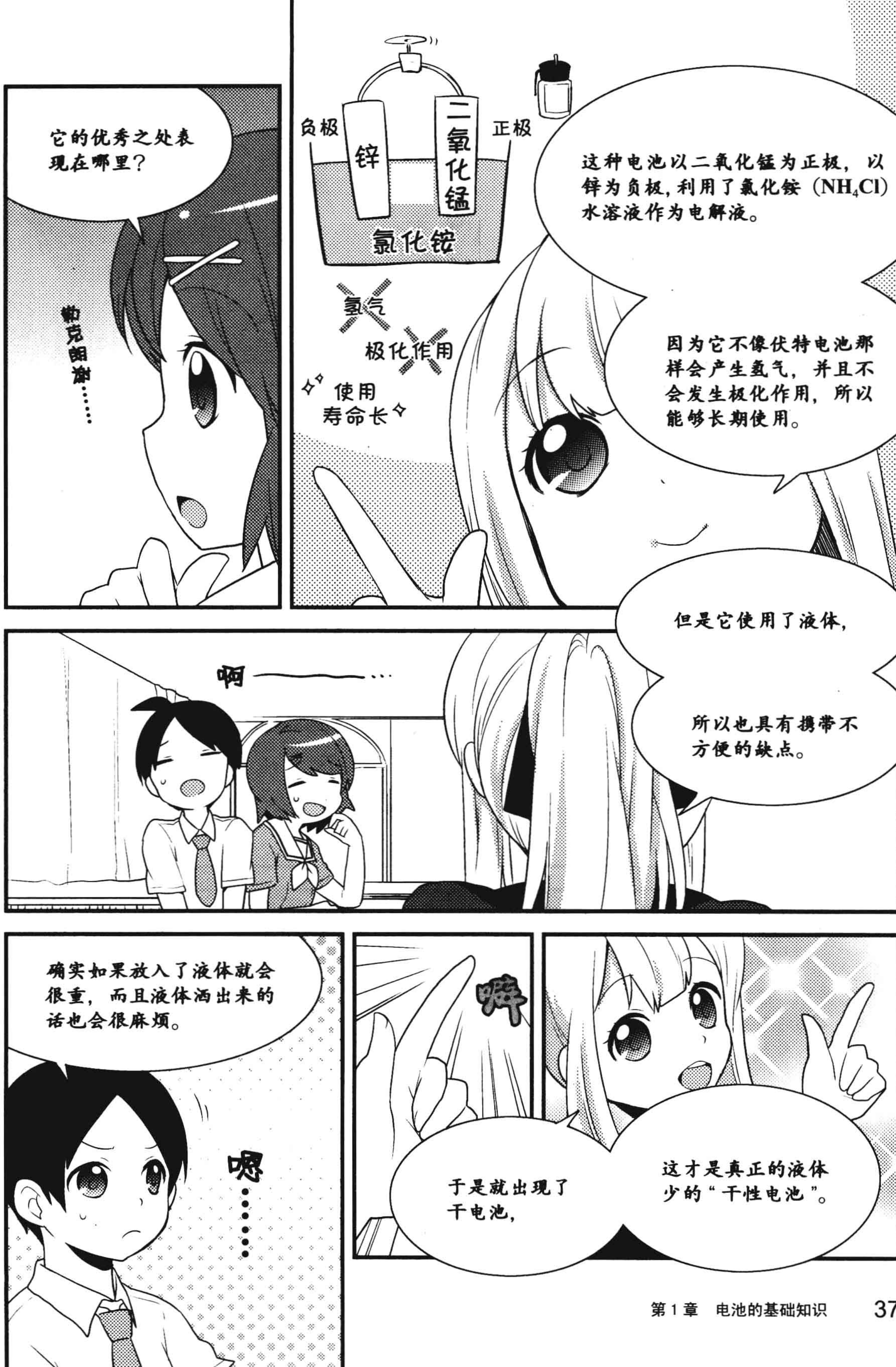

嗯……
把金属放入水溶液中后，
金属会释放出……
电子而变成正离子吧。
没错。那么，首先让我们来看看锌吧。
离子化倾向大的锌会不断地在稀硫酸中溶解，
此时因为锌会释放出电子，
所以在锌板上会聚集很多
锌离子留下的电子。
锌板
电子
锌
锌离子
Zn
Zn^{2+}
锌留下电子后自己却变成正离子溶解了，对吧？
正是如此。
电子聚集在锌板上，锌板就带上了负电。
那么离子化倾向弱的铜板会怎么样呢？
问得好！
那么，让我们来看看在铜板上会发生什么。


铜板
氢气
因为铜板的离子化倾向弱，所以不会在稀硫酸中溶解，
并且会被带正电的氢离子夺取电子，被夺去了电子的铜板就会略带正电。
啊？锌板不会被氢离子夺取电子吗？
也会被夺取电子，但是因为锌离子被释放出来后，残留的电子数量更多，
所以总的来说锌板还是会带负电。
于是，电子会通过电线从带负电的锌板向着带正电的铜板开始移动。
因为电子的移动方向与电流方向相反，所以电流会经由外部电线从铜板流向锌板。
也就是说，这构成了一个以铜板为正极、锌板为负极的电池。
负极
正极
锌板
铜板
电池
电流
电子
锌
锌离子
硫酸根离子
氢气


这就是伏特电池的结构原理。
我们平常所使用的电池的结构原理也是一样。
电池
我们之前制作的木炭电池※的发电原理也完全一样，
木炭电池中的铝箔与锌的作用相同。
※ 请参考 P22。
电子会经由铜线由铝箔向木炭流动吗？
铝箔
木炭
没错。
在伏特电池中，负极的锌失去了电子，
我们将物质失去电子的反应称为氧化反应。
另外，在正极，氢离子会获得电子变成氢，这就是还原反应。
氧化反应
还原反应
电池就是通过氧化反应和还原反应这两种化学反应来产生电吧？
没错。



※ 也有一种说法是在1868年。



它的优秀之处表现在哪里？
勒克朗谢……
负极
锌
二氧化锰
正极
氯化铵
这种电池以二氧化锰为正极，以锌为负极，利用了氯化铵（NH_4Cl）水溶液作为电解液。
氢气
极化作用
使用寿命长
因为它不像伏特电池那样会产生氢气，并且不会发生极化作用，所以能够长期使用。
但是它使用了液体，
啊——……
所以也具有携带不方便的缺点。
确实如果放入了液体就会很重，而且液体洒出来的话也会很麻烦。
嗯……
嗖
于是就出现了干电池，
这才是真正的液体少的“干性电池”。


最早的具有实用性的干电池是1887年由德国的卡尔·葛司南(Carl Gassner)和丹麦的赫勒森(Hellesen)发明的。
这种电池是以兼任负极的锌筒作为容器，将纸袋放入锌筒中，往其中加入氯化铵电解液，
再把二氧化锰粉末和石膏粉混入其中，调成糊状。
因为二氧化锰难以导电，所以加入了碳粉，
然后在中心插入一根为了提取电流的碳棒，这样就完成了。
碳棒
浆层纸袋
锌筒
氯化铵电解液
石膏粉
二氧化锰粉末＋碳粉
另外，还有一件鲜为人知的事，那就是日本人屋井先藏于
1885年设立了屋井干电池合资公司，发明了干电池。
司公资合池电干井屋
此时如果获取专利的话，那么“世界第一个发明干电池的人”这一荣誉就会属于屋井先生了吧，但是他没有申请专利的资金。
※示例图
并且也听说热衷于一件事的性格使他一个劲儿地去追求更加完美的电池，
所以并没有去立即申请专利。



※ 出自社团法人电池工业会（http://www.baj.or.jp/knowledge/history01.html：电池的知识 1），参考屋井干电池。



一直都在进行各种改良吗？
是啊，
之后碱性干电池、氧化银电池、锌空气电池等相继问世。
锂
1976 年，日本最先开始生产锂一次电池，
并且在 1991 年终于领先于世界成功地发明了不需要汞（水银）的锰干电池和碱性干电池（以前这两种干电池无论如何都需要汞）。直到现在这一成果仍保持着领先地位。
可以反复地充电、能多次被利用的二次电池是 1859 年由法国人加斯东·普兰特（Gaston Planté）发明的，
这可是如今不可或缺的电池哦。
如果手机不能够充电就麻烦了。
是吗？
啊！



哼
因为小达你是属于即使给你发短信你也不会回的那种人，所以你对此并不在乎。
?
咦？
我会那样吗？
够了！
你总是忘记这些事！
啪嗒
哎哟
可以说说与电池有关的东西吗？
咯——
哈啊
啊，
对不起！
请你继续吧。
普兰特所发明的电池是在两张铅板之间夹上胶带，将它们卷成圆柱状，然后将这个圆柱状的东西放入稀硫酸中，这样就可以反复地充电、放电。
橡胶
普兰特式
电池的原理图
胶带
铅板
在电池上，我们将反应物质叫做活性物质。
这种电池的正极活性物质是二氧化铅（PbO_2），而负极活性物质利用了铅（Pb）。


之后由于涂膏式极板和铅锑合金板栅的发明，
这种电池被改良成了处理简单、经久耐用的电池，这就是我们现在还在使用的电池。
电池
在日本，第二代岛津源藏于 1895 年试着制作铅蓄电池。
镍氢二次电池
1990 年镍氢二次电池、
锂离子二次电池
1991 年锂离子二次电池均领先于世界开始发售。
MADE IN JAPAN
太了不起了！
是啊，其间还有好几种电池都消失了。
既有像氧化汞电池一样只是临时在世上走了一遭就消失的电池，
也有像镍镉二次电池那样被镍氢二次电池所取代产量急剧减少的电池。



摇晃
摇晃
在电池领域竞争还真是激烈啊。
这样似乎可以将日本称为电池王国。
现在，我国有10种以上的电池在被销售，这实在是一件很了不起的事。
是啊，
只有在生存竞争中获胜的电池才能幸存。
你怎么啦!?
咔哒
嗒
啪
噗
好累啊。
咦?


好久没有说这么多话了，
我似乎觉得有点呼吸困难。
是吗……
我认为我今天说的话比我当馆长之后到昨天为止这段时间所说的话还要多。
你之前都那么闲啊……
锂
一次电池
二次电池
不过今天我过得很快乐！
微笑
如果可以的话请你们再来哟！

补充说明

电池的安全使用说明

有些电池使用了像碱性水溶液一样会腐蚀人体皮肤的危险药品，当使用不当时，电池容器有可能会被损坏发生漏液或者发热，有时还会引发火灾事故。因此要遵守如下注意事项，安全使用电池。

1. 使用电池时不要将电池的正极和负极弄反。

在使用多个电池时，如果一个电池装反，即使机器转动，那个电池也会被充电或过充电，有时会引发温度急剧升高、电池漏液、电池破裂，这样会很危险。

2. 不要让电池外部短路。

当用电线直接将电池的正极和负极连接起来时很危险。不把电池放入机器内直接暴露在外就放入包中携带时，有可能会触碰到发卡、钥匙、硬币、项链等金属，这样也会很危险。此时，因为会有很大电量通过，所以有可能会因为电池发热而被烫伤，也有可能会发生电池漏液、破裂、火灾事故。在不得已非要将电池直接暴露在外携带时，请用胶带等将电池的正极和负极覆盖住。

3. 在同时将几个电池放入机器中或者换电池时，要尽可能地使用同品牌的新电池。

当混合使用不同种类的电池（如锰干电池和碱性干电池）、种类相同而品牌不同的电池或者新旧电池混用时，容量少的某个电池就会不得不过放电，这样电池就会发热，并且电池的电解液会发生电子分解，从而产生气体，引起电池膨胀或者导致电池漏液。

4. 当电池电量用完，机器不再运转时，要早点将电池取出并替换为新电池。

将旧电池放在机器中长期不管有可能会引起电池漏液，这样机器的接线柱等地方就会被腐蚀从而导致机器故障。因此在长期不使用机器时，请将机器中的电池取出。

5. 不要将电池加热、投入火中或焊接电池。

电池有可能会膨胀、漏液、破裂，锂电池还有可能会起火。

6. 不要给一次电池充电。

因为在一次电池中，有的使用了不能充电的原子排列结构所形成的活性物质，有的不具备二次电池所带的排气阀等装置，所以如果给一次电池充电，它有可能会膨胀、漏液、发热、破裂，甚至起火，这样会很危险。特别是给锂一次电池充电非常危险。

7. 不要分解电池、改变电池的形状、改造电池。

有的电池使用了像碱性液体一样会腐蚀人体皮肤的危险药品，如果分解这样的电池，或者将电池从高处扔下，或者碾压电池使它变形，有可能导致电池漏液、破裂，这样做很危险。并且分解充电之后的二次电池，有可能会导致电池发热、起火。

8. 不要将电池放置在婴幼儿可以触碰到的地方。

婴幼儿接触到像钮扣电池那样的小电池，有可能会将它吞入肚中。一旦发生这种情况请立即就医。因为婴幼儿有时会从使用了电池的器具中取出电池，所以请充分留心，以免婴幼儿误吞电池。

9. 当长时间不使用机器时要将电池从机器中取出。

当长时间不使用机器时，机器中的电池会自己放电，电池电量会慢慢地耗尽，与此同时会发生电池漏液。

10. 使用机器后一定要关掉开关。

如果将机器以运行状态放置着，电池就会完全放电，容易引起电池漏液。

11. 不要将电池放置在高温、高湿的地方保存。

如果将电池放置在这样的地方保存，随着电池自己放电，其电量将消耗殆尽，因为结露电池端子表面会被腐蚀，这样在插入机器时容易产生接触不良。因此要将电池放入塑料袋中保存在低温避光处。

12. 一次电池要在其所标明的有效使用期限内使用。

只有在此期间内，电池才能保持日本工业标准（JIS）所规定的性能。

废弃电池的丢弃与回收利用

● 锰干电池、碱性干电池、锂电池（圆柱形、硬币形状）等一次电池

一般各自治团体都会将电池回收。只是因为地方不同，资源垃圾、不可燃垃圾、有害危险垃圾等垃圾种类不一样，因此“扔垃圾的方法”不一样。请按照各市镇村的指示来丢弃电池。在丢弃电池前，请用透明胶带将电池的正极（+）和负极（–）覆盖住使其绝缘。因为残留少许电量的电池之间相互接触的话可能会产生短路发热的危险。当自治团体将收集起来的废弃电池当作干电池分类后，大部分都会由野村兴产株式会社和东邦锌株式会社等公司进行处理、回收再利用。而对于那些不能分类的电池，自治团体会将它们当作不可燃垃圾安全处理。从环境负荷、资源的有效利用、能源消费、经济性等综合角度来考虑的话，目前还没有确立一个有效活用废弃干电池的方法，所以现在各国都在加紧研究。

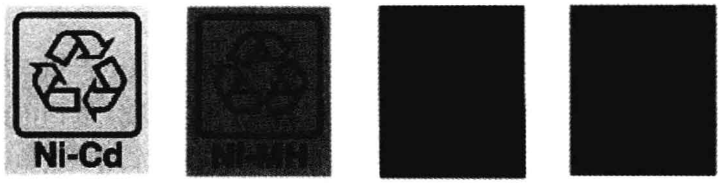
● 纽扣电池

请将使用完的碱性纽扣电池、氧化银电池、锌空气电池的正极和负极用透明胶带覆盖住使其绝缘，然后将其投入电子商店、钟表店、相机店、听力辅助器店等地方设置的“纽扣电池回收箱”中。

硬币形状的锂电池（CR 以及 BR）除外，这个与干电池一样，请按照市镇村的垃圾回收方法来处理。在家电用品店等地方收集的使用过的电池会通过收集搬运人员被送到回收利用中心进行处理后再利用。

● 小型二次电池

因为在充电式的小型二次电池中使用了镍、钴、镉、铅等有用金属，所以可以将使用完的电池回收后再利用。在镍镉二次电池、镍氢二次电池、锂离子电池、小型密封铅蓄电池上和二次电池回收箱上分别印刷有如下标志（图 1.1）。



镍镉电池（蓝色）　镍氢电池（黄绿色）　锂离子电池（橘黄色）　小型密封铅蓄电池（灰色）

（提供：社团法人电池工业会）

●图 1.1　小型二次电池的回收标志

请用透明胶带包住废弃的小型二次充电电池的正极和负极使其绝缘，然后将它放入加入了“充电式电池回收合作店”的电子用品商店或放置于超市等地方的回收箱（图 1.2）中。

回收箱的箭形符号为回收标志。

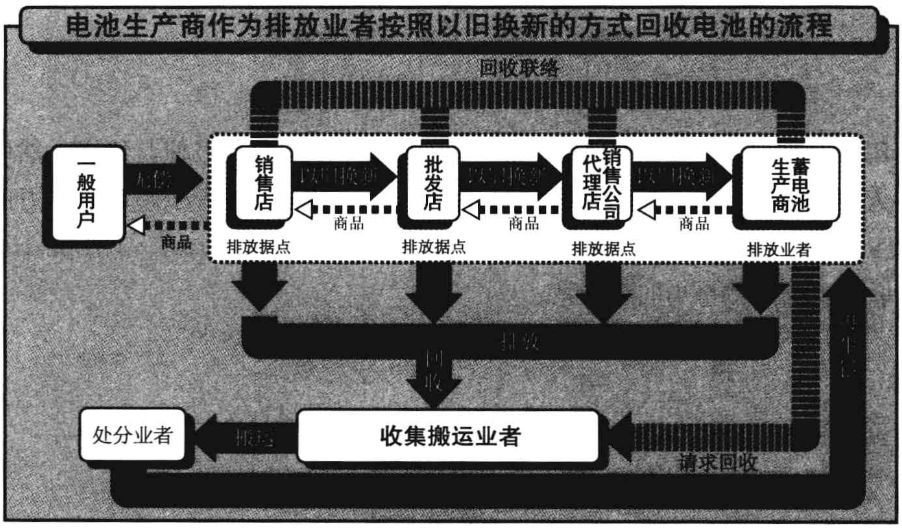


（提供：社团法人电池工业会）

●图 1.2　回收箱

● 车用蓄电池（铅蓄电池）

因为在汽车所必需的铅蓄电池中含有对人体有毒的物质——铅，所以根据法律会对用过的电池实行“以旧换新”政策，规定电池销售店无偿取回电池。蓄电池生产商会按照如图 1.3 所示的流程采取以旧换新的方式回收汽车用铅蓄电池。



（出处：社团法人电池工业会）

●图 1.3　电池生产商作为排出业者按照以旧换新的方式回收电池的流程

第2章

一次电池

2.1 何谓一次电池

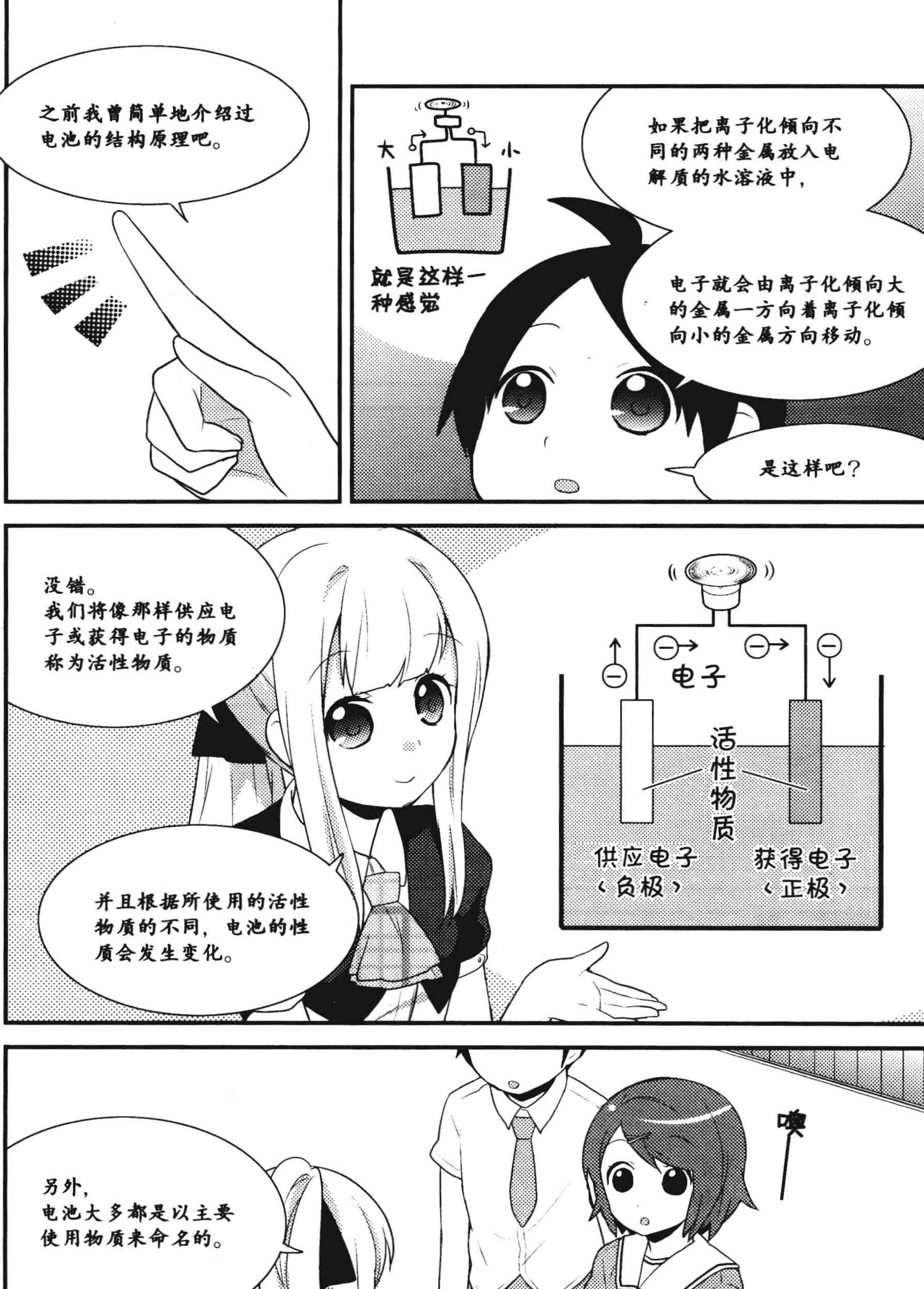


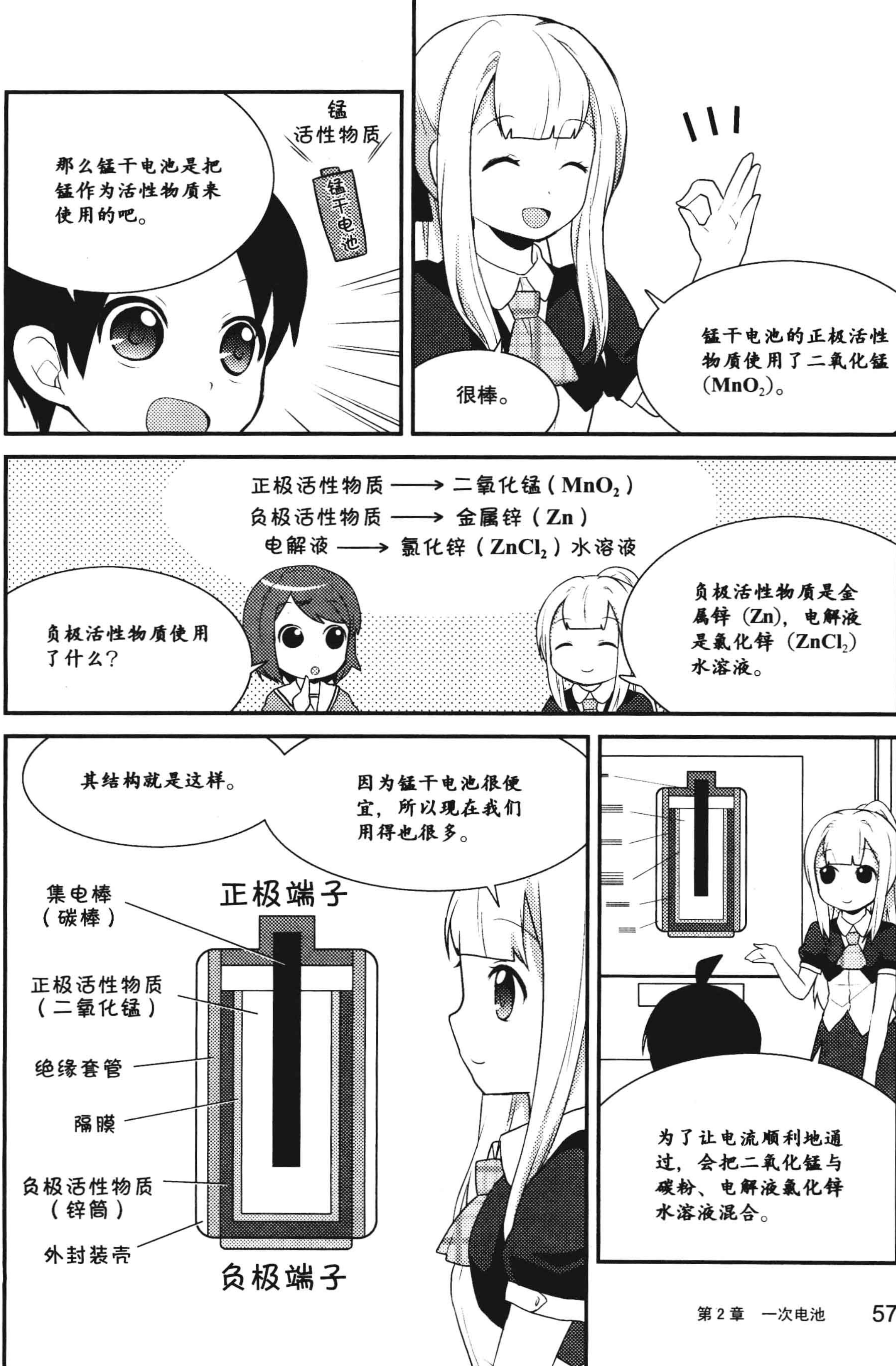

对不起，
我正在院子里锄草。
电池博物馆
可还是不行啊，
特别是夏天我一个
人根本应付不过来。
啪嗒
啪嗒
你们俩又来了啊，
我很高兴。
因为关于电池的知
识很有趣，所以就
又来听了。
或许我也有点想了解
有关电池的知识了。
呵呵。
既然你们特意来了，
今天就让我来继续
讲解有关电池的知
识吧。


——展示室
之前我曾讲过电池的种类。
嗯，包括化学电池和物理电池。
没错，
那么今天我来讲一下化学电池中的一次电池。
嗯，一次电池是指只能使用一次的电池吧。
啊？就是不能充电的电池吧。
你们都记得很清楚呀，确实正如小达和由理所说的那样，
我们将像锰干电池和碱性干电池那样一用完就不能再利用的电池叫做一次电池。
一用完就不能再利用
一次电池

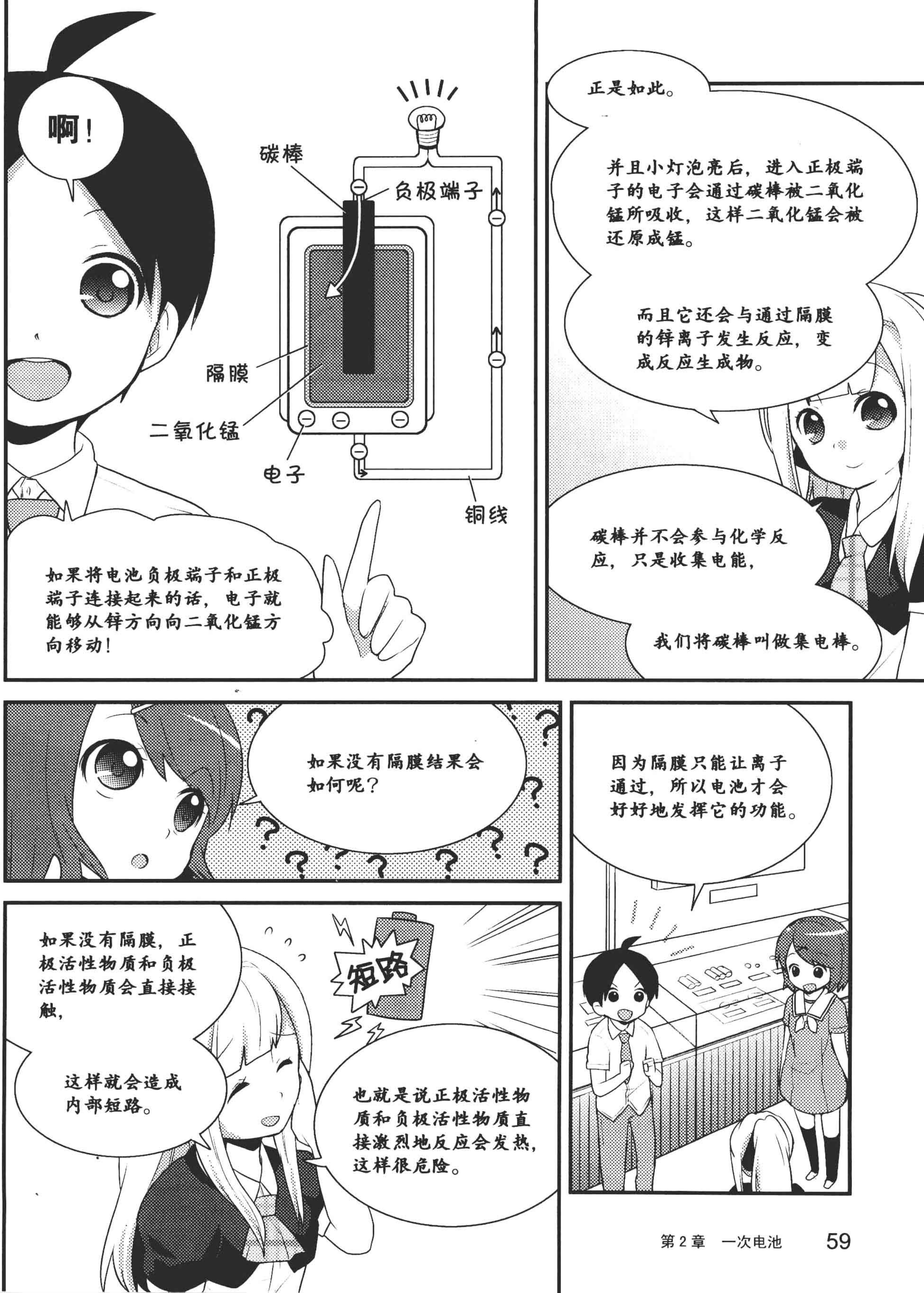
2.2 一次电池的种类和特征




之前我曾简单地介绍过电池的结构原理吧。
大
小
就是这样一种感觉
如果把离子化倾向不同的两种金属放入电解质的水溶液中，
电子就会由离子化倾向大的金属一方向着离子化倾向小的金属方向移动。
是这样吧？
没错。
我们将像那样供应电子或获得电子的物质称为活性物质。
电子
活性物质
供应电子
〈负极〉
获得电子
〈正极〉
并且根据所使用的活性物质的不同，电池的性质会发生变化。
另外，
电池大多都是以主要使用物质来命名的。
噢

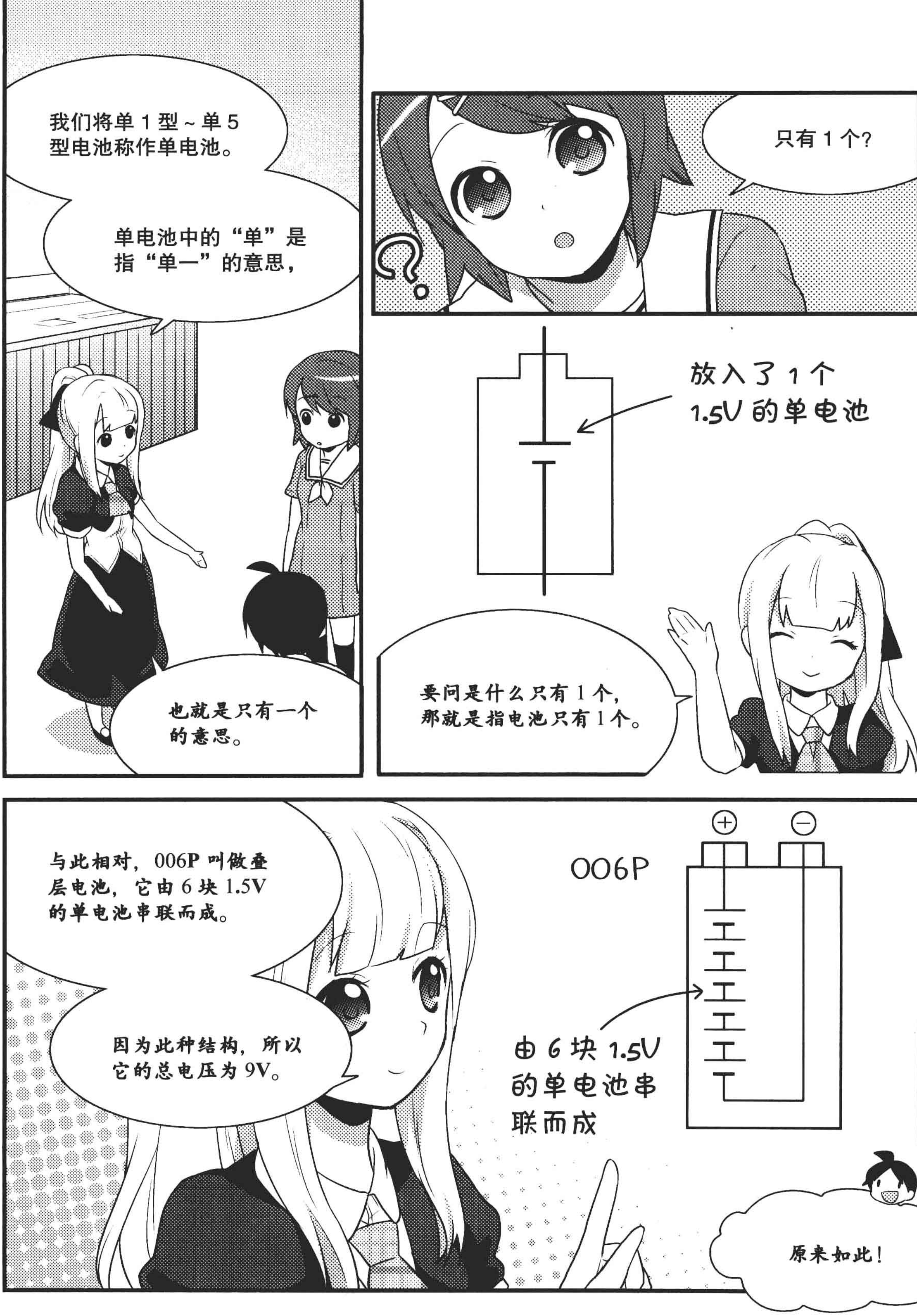

锰
活性物质
那么锰干电池是把锰作为活性物质来使用的吧。
锰干电池
很棒。
锰干电池的正极活性物质使用了二氧化锰（MnO_2）。
正极活性物质 ⟶ 二氧化锰（MnO_2）
负极活性物质 ⟶ 金属锌（Zn）
电解液 ⟶ 氯化锌（$ZnCl_2$）水溶液
负极活性物质使用了什么？
负极活性物质是金属锌（Zn），电解液是氯化锌（$ZnCl_2$）水溶液。
其结构就是这样。
因为锰干电池很便宜，所以现在我们用得也很多。
正极端子
集电棒（碳棒）
正极活性物质（二氧化锰）
绝缘套管
隔膜
负极活性物质（锌筒）
外封装壳
负极端子
为了让电流顺利地通过，会把二氧化锰与碳粉、电解液氯化锌水溶液混合。


负极活性物质锌会在电解液中溶解……
隔膜
有一个隔膜吧？
嗯，
这样如何产生电呢？
这个隔膜由隔离纸（浆层纸）构成，
离子能够通过隔膜。
正极活性物质（二氧化锰）
绝缘套管
隔膜
负极活性物质（锌筒）
外封装壳
负极端子
啊，是的，
在正极活性物质和负极活性物质之间好像有一道墙壁。
没错，
不过那样的话锌会留下电子。
隔膜
电子
锌离子
Zn^{2+}
Zn^{2+}
Zn^{2+}
负极活性物质（锌）
正极活性物质（二氧化锰）
也就是说负极活性物质锌变成离子后
会通过隔膜慢慢地溶入位于正极活性物质处的电解液中吧。
锌离子
通过


啊！
碳棒
负极端子
隔膜
二氧化锰
电子
铜线
如果将电池负极端子和正极端子连接起来的话，电子就能够从锌方向向二氧化锰方向移动！
正是如此。
并且小灯泡亮后，进入正极端子的电子会通过碳棒被二氧化锰所吸收，这样二氧化锰会被还原成锰。
而且它还会与通过隔膜的锌离子发生反应，变成反应生成物。
碳棒并不会参与化学反应，只是收集电能，
我们将碳棒叫做集电棒。
如果没有隔膜结果会如何呢？
因为隔膜只能让离子通过，所以电池才会好好地发挥它的功能。
如果没有隔膜，正极活性物质和负极活性物质会直接接触，
这样就会造成内部短路。
短路
也就是说正极活性物质和负极活性物质直接激烈地反应会发热，这样很危险。



我顺便来讲一下标称电压吧。
标称电压?
标称电压是表示或识别一种电池在通常的使用状态时的适当的电压近似值，也称为额定电压，
可用它来鉴别电池的种类。
适当的电压近似值
锰干电池的标称电压是1.5V。
锰干电池
电压是根据电池的种类来定的吧。
因为如果不确定电池的电压，就有可能会引发机械故障。
锰干电池包括圆柱形的单1型干电池、单2型干电池、单3型干电池、单4型干电池、
单5型干电池和方形的电压为9V的006P干电池。
单1
单2
单3
单4
单5
9V SIZE
DLG
6F22
006P


我们将单1型~单5型电池称作单电池。
单电池中的“单”是指“单一”的意思，
只有1个?
也就是只有一个的意思。
放入了1个1.5V的单电池
要问是什么只有1个，那就是指电池只有1个。
与此相对，006P叫做叠层电池，它由6块1.5V的单电池串联而成。
006P
由6块1.5V的单电池串联而成
因为此种结构，所以它的总电压为9V。
原来如此!


锰干电池是因为使用了锰才叫锰干电池，
使用了锰
MANGAN
使用了碱？
ALCALI
而碱性干电池之所以叫这个名字，
是因为它使用了碱作为活性物质吧？
嗯，我想说你的说法是正确的，
但是没有碱这种物质。
啊……
碱性干电池有时也被称作碱性锰干电池，它属于锰干电池一族。
锰干电池
碱性锰干电池
那么它的结构也与锰干电池一样吗？
原来如此
很相似，但是又有点不同。


在碱性干电池中所使用的活性物质是二氧化锰和锌，
这一点与锰干电池一样。
碱性干电池
活性物质
二氧化锰
锌
电解液
氢氧化钾水溶液
不过它使用具有强碱性的氢氧化钾（KOH）水溶液作为电解液，
这个电解液就是碱性干电池名字的由来。
它使用聚乙烯醇（PVA）等无纺布作为隔膜。
它们的不同之处并非只有电解液哦。
正极端子
绝缘套管
正极活性物质（二氧化锰）
集电棒（芯棒）
隔膜
负极活性物质（锌粉）
负极端子
外封装壳
密封圈衬垫
你们仔细看一下，刚才的电池的负极活性物质在外侧，而现在的正极活性物质在外侧。
确实是这样。
另外，因为把铅粉弄成了糊状，所以增加了反应面积，这样更容易发生化学反应。
由于采用了这种结构，碱性干电池比锰干电池使用寿命长，它能够长时间地通过大电流。
哇


锰干电池和碱性干电池的性能有什么不同吗？
虽然碱性干电池和锰干电池的标称电压一样，
但是在放电容量方面，碱性干电池比锰干电池多，大约是锰干电池的2倍。
竟然相差那么多啊！
碱性
锰
约2倍
CD电唱机
玩具
因此当要使用像装了马达的电器那样需要大电流的电器时，最好用碱性干电池。
电池也有其擅长的领域和不擅长的领域啊。
而锰干电池具有如果让它休息，它的电压会恢复的特点。
手电筒
遥控器
钟表
所以它非常适合用于像手电筒和遥控器那样耗电量小的电器。


锰干电池和碱性干电池是我们经常听到的名字，
在我们身边还有其他电池吧？
嗯，
比如氧化银电池、锂电池、锌空气电池。
之前我就记住了这些名字。
那么
让我来讲一讲氧化银电池吧。
像便携式游戏机、手表等所使用的钮扣电池很多都是氧化银电池。
它的结构就是这样。
负极端子
负极（锌）
垫圈（或密封圈衬垫）
吸液纸
正极（氧化银）
正极筒
隔膜
这种电池的正极活性物质是氧化银（AgO），负极活性物质是之前用到的锌，
它使用氢氧化钾水溶液作为电解液。
氧化银电池
活性物质
氧化银
锌
电解液
氢氧化钾水溶液
锌作为负极活性物质很受欢迎哦！
负极活性物质大奖
锌

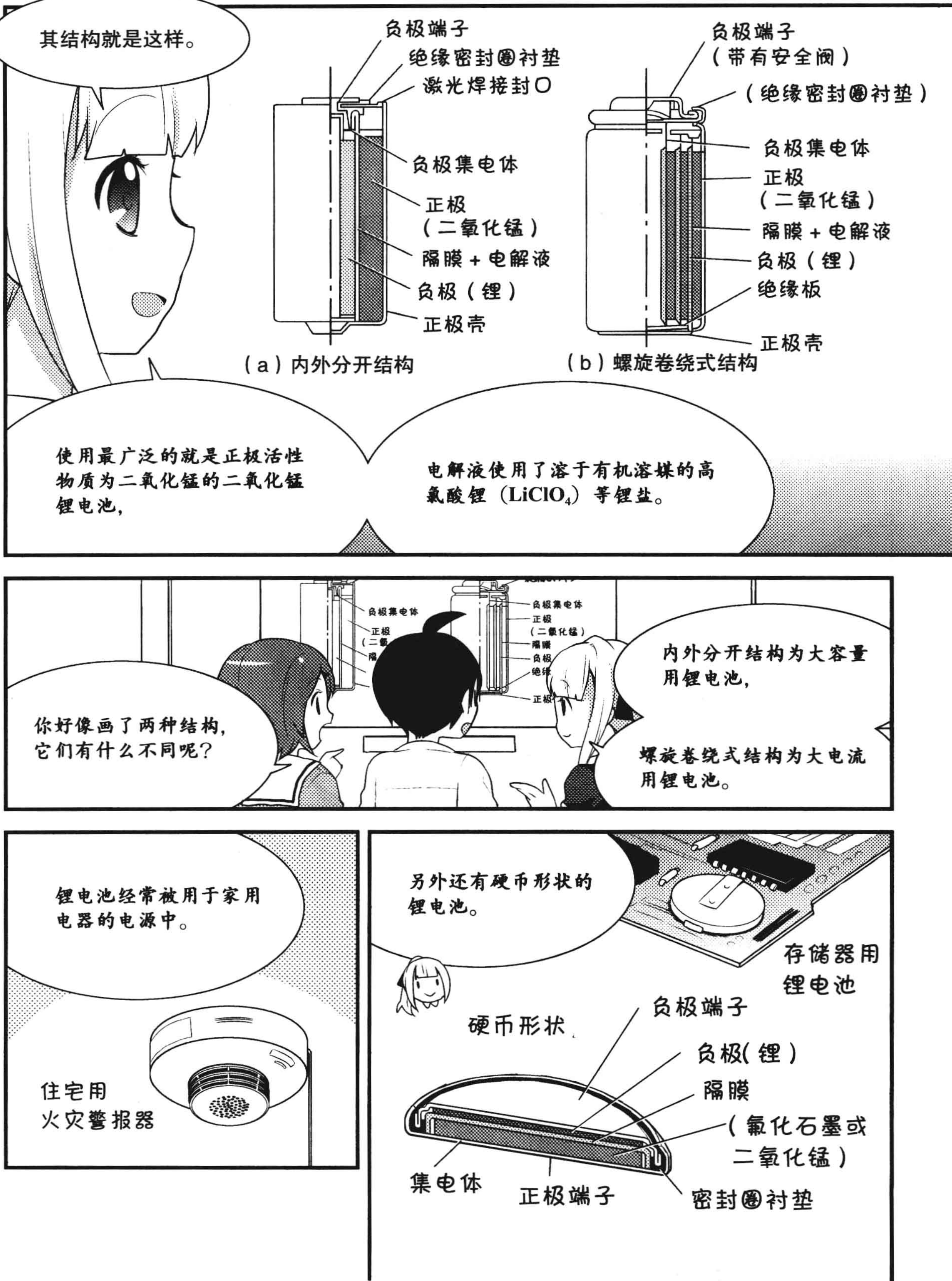


氧化银电池
手表
因为氧化银电池的
能量密度高，所以它的使用寿命长。
它非常适合用于像手表那样放置好电池后长时间不用管的小型电子器具。
电子体温计
电子计算器
便携式游戏机
碱性钮扣电池
有一种电池用廉价的二氧化锰代替了氧化银，那就是碱性钮扣电池。
因为这种电池的价格比较便宜，所以经常被用于便携式游戏机、电子计算器、电子体温计等各种电子器具中。
钮扣电池只有氧化银电池和碱性钮扣电池两种吗？
才不是呢，
另外还有像锌空气电池之类的。
负极端子
负极（锌）
密封圈衬垫
隔膜
正极（空气极）
防水膜
扩散纸
空气孔
封印纸
正极外壳
锌空气？
难道是使用了空气和锌吗？
负极端子
负极（锌）
密封圈衬垫
封印纸
正极
外壳
负极活性物质还是很受欢迎的锌，
正极活性物质是空气中的氧气（O_2），
电解液是氢氧化钾（KOH）水溶液。


什么!?
O_2
活性物质不是金属也可以吗?
只要能够接受电子就可以了，并非只需要金属。
氧气
揭开纸
锌空气电池
因为如果撕开锌空气电池上的封印纸就会有氧气进入，所以不需要放置正极活性物质的地方。
这样就能够用这些地方去放置更多的负极活性物质，因此与氧化银电池相比，锌空气电池的容量要大。
从电池外面吸收正极活性物质，这一创意还真是了不起。
是啊，
因为能够从外面供应活性物质，
所以与其叫它一次电池，还不如叫它半燃料电池。
助听器
锌空气电池
适合用于像助听器那样需要连续使用的东西。



锂电池
最后让我来说一下锂电池吧。
日本于1967年在世界上率先使用锂电池。
电压高
容量大
锂电池
与之前我们讲过的电池相比，锂电池具有电压高、容量大的特点。
啊，它真是了不起的电池。
它使用金属锂（Li）作为负极活性物质，
这就是锂电池名字的由来。
金属锂
出色
出色
锌
在负极活性物质中很受欢迎的锌……
终于……
那它用什么作为正极活性物质？
它一般用氟化石墨（CF_x）、
二氧化锰（MnO_2）、氯化亚硫酰（$SOCl_2$，又名亚硫酰氯）、二氧化硫（SO_2）
之类的物质作为正极活性物质。所使用的正极活性物质不同，电压会不一样。
因此我们可以根据用途来使用正极活性物质不同的锂电池。



其结构就是这样。
负极端子
绝缘密封圈衬垫
激光焊接封口
负极集电体
正极
（二氧化锰）
隔膜＋电解液
负极（锂）
正极壳
（a）内外分开结构
负极端子
（带有安全阀）
（绝缘密封圈衬垫）
负极集电体
正极
（二氧化锰）
隔膜＋电解液
负极（锂）
绝缘板
正极壳
（b）螺旋卷绕式结构
使用最广泛的就是正极活性物质为二氧化锰的二氧化锰锂电池，
电解液使用了溶于有机溶媒的高氯酸锂（$LiClO_4$）等锂盐。
你好像画了两种结构，它们有什么不同呢？
内外分开结构为大容量用锂电池，
螺旋卷绕式结构为大电流用锂电池。
锂电池经常被用于家用电器的电源中。
住宅用
火灾警报器
另外还有硬币形状的锂电池。
存储器用
锂电池
硬币形状
负极端子
负极(锂)
隔膜
(氟化石墨或
二氧化锰)
集电体
正极端子
密封圈衬垫

2.3 一次电池的规格



我现在知道了电池包括多种类型和结构。
没错，我们之前所讲的那些电池的形状和规格是国际通用的。
咔嚓
书写
4CR2032
(1) (2) (3) (4)
书写
这是什么暗号吗？
？
这是电池的表示符号。
那么这个符号表示的是什么样的电池呢？
4个串联 | 二氧化锰锂 | 硬币形 | 直径 20mm 高 3.2mm
4 C R 2 0 3 2
(1) (2) (3) (4)
（1）表示串联电池数量，（2）表示电池系列，（3）表示电池形状，（4）表示电池尺寸。
就是这个意思。
（1）表示 4 个电池串联，（2）表示是二氧化锰锂电池，（3）表示电池为硬币形状，（4）表示电池的尺寸为直径 20mm、高 3.2mm。
看懂了吗？

表示单电池系列的符号（一次电池）

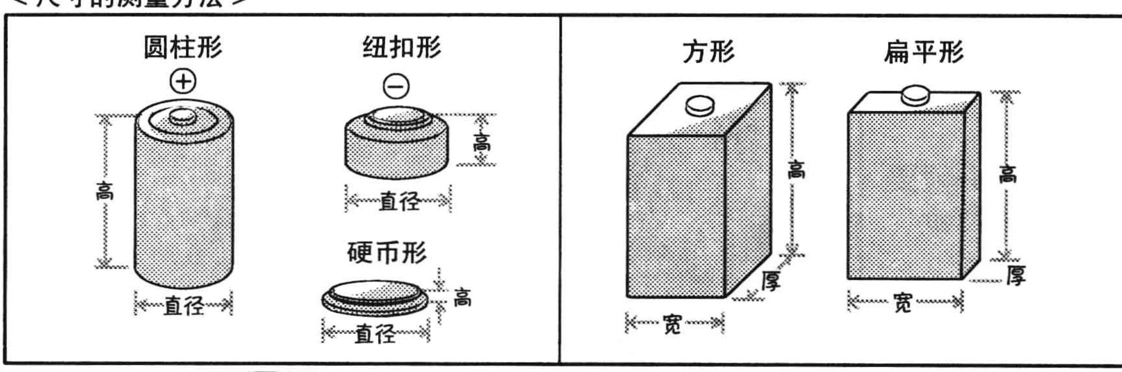
	符号	种类	正极	电解液	负极	标称电压(V)
一次电池	无符号 i)	锰干电池	二氧化锰	氯化锌水溶液	锌	1.5
	B	氟化石墨锂电池	氟化石墨	非水有机电解液	锂	3.0
	C	二氧化锰锂电池	二氧化锰	非水有机电解液	锂	3.0
	E	亚硫酰氯锂电池	亚硫酰氯	非水有机电解液	锂	3.6
	F	硫化铁锂电池	硫化铁	非水有机电解液	锂	1.5
	G	氧化铜锂电池	氧化铜（Ⅱ）	非水有机电解液	锂	1.5
	L	碱性干电池	二氧化锰	碱性水溶液	锌	1.5
	P	锌空气干电池	氧气	碱性水溶液	锌	1.4
	S	氧化银电池	氧化银	碱性水溶液	锌	1.55
	Z	镍系列一次电池	羟基氧化镍（NiOOH）	碱性水溶液	锌	1.5

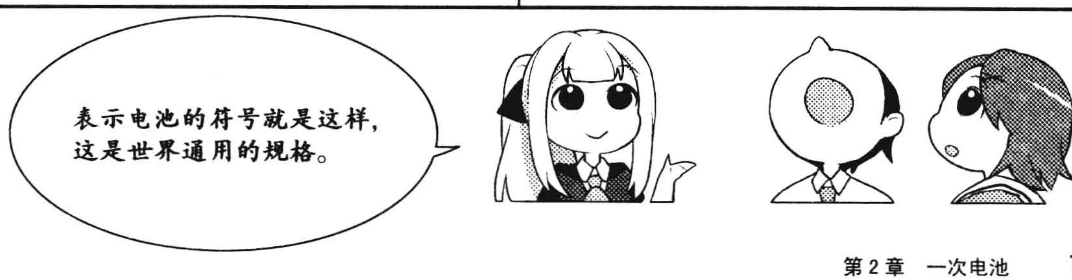
i）因为只用形状符号来表示锰干电池，所以它没有电池系列符号。

<表示形状的符号>

形状符号	电池形状
R	圆形（或圆柱形、纽扣形、硬币形）
F	方形、扁平形

<尺寸的测量方法>






咔嗒
多亏你，我今天一天总算是弄明白了一次电池是怎么回事。
噗……
今天我又说得太多了，好累啊。
啊，
这里还展示玩具吗？
嗯，在这里放了几个用电池驱动的玩具。
啊！糟糕！
我今天必须要带狗去散步！
哒哒
谢谢你！
呵呵
再见。

补充说明

电池的自放电和使用有效期

一次电池即使不使用也会发生自放电现象，这样其电池活性物质性能就会变差，放电容量就会减少。因此，电池的底部或侧面、包装材料上一般都会标明使用有效期。这个“使用有效期”规定了电池在未被使用时 JIS 所规定的电池会持续放电的时间（放电容量）。其表示方法以月 - 年的顺序来显示，有如下两种。

例）2012 年 3 月

- 03–2012
- 03–12

另外，二次电池没有使用有效期。

保存方法和温度对使用时间的影响

电池要尽可能地在离生产日期不远的时间内使用，但是如果突然要用手头上却没有就会很不方便，所以有时会买好备用。此时注意要将电池放置在低温避光处保存，并且也不能将它放在潮湿的地方。所以，将电池放入塑料袋中封好后再将它放入冷藏室（不是冷冻室）保存也是一个方法。在温度为 20℃ ± 2℃、相对湿度为 60% ±15% 的环境中保存的话，电池的使用有效期为：锰干电池单 1 型、单 2 型 3 年，比锰干电池小的电池 2 年，碱性干电池单 1 型、单 2 型、单 3 型、单 4 型 5 年，水溶液系列的钮扣电池 2 年，硬币形锂电池 5 年，圆柱形锂电池 10 年。也就是说如果在这个期间内使用的话，就能够满足 JIS 所规定的持续放电时间等性能。

根据使用环境的温度，电池的使用时间会发生变化。一般在低温环境中电池的使用时间短。有的电池在低温环境中不能使用，如在滑雪场音响设备发不出声音了，但一回到暖和的屋子里它又能够使用了。

干电池无汞化

曾经在以锌为负极活性物质的锰干电池和碱性干电池中都使用过大量的汞（水银）。一般金属锌一碰到水溶液就会发生腐蚀，产生氢气，因此容易发生因电池膨胀、由封口处漏液所引起的事故。为了防止此类事故发生，所以要添加汞，促成锌汞齐化※。这利用了汞表面产生氢气的电极反应非常慢这一性质。但是因为汞是剧毒物质，所以在丢弃废旧电池时会污染环境，这样就开始了无汞化研究。日本于1991年在世界上率先成功地实现了锰干电池无汞化，并于1992年实现了碱性干电池无汞化。经过不断地探索，意图寻求用一种毒性低、产生氢气反应慢的金属来代替汞，结果开始使用含有少量铟（In）等物质的合金，并通过在电解液中添加腐蚀抑制剂同时使用杂质（这是易产生氢气的原因所在）少的高纯度材料等方法，终于实现了锰干电池和碱性干电池无汞化。现在也实现了纽扣形氧化银电池、纽扣形碱性锰干电池无汞化。

※ 汞能溶解金、锌、铜等多种金属，并与这些金属形成任意比例的合金。我们将这叫做汞齐。据说很久以前给奈良大佛镀金，就是采用了在佛像表面涂上金汞齐后用火把烤，使汞气化的方法。

第3章

二次电池

3.1 何谓二次电池



真受不了你了！
如果迟到的话，
也要给我发条短信吧！
呼哧
呼哧
对不起！
我手机没电了。
呼哧
我提醒过你好多次了要及时给手机充电。
电池博物
今天还要听有关电池的话题，我们早点进去吧。
我觉得由理变得比我还积极了……
你说什么呢？

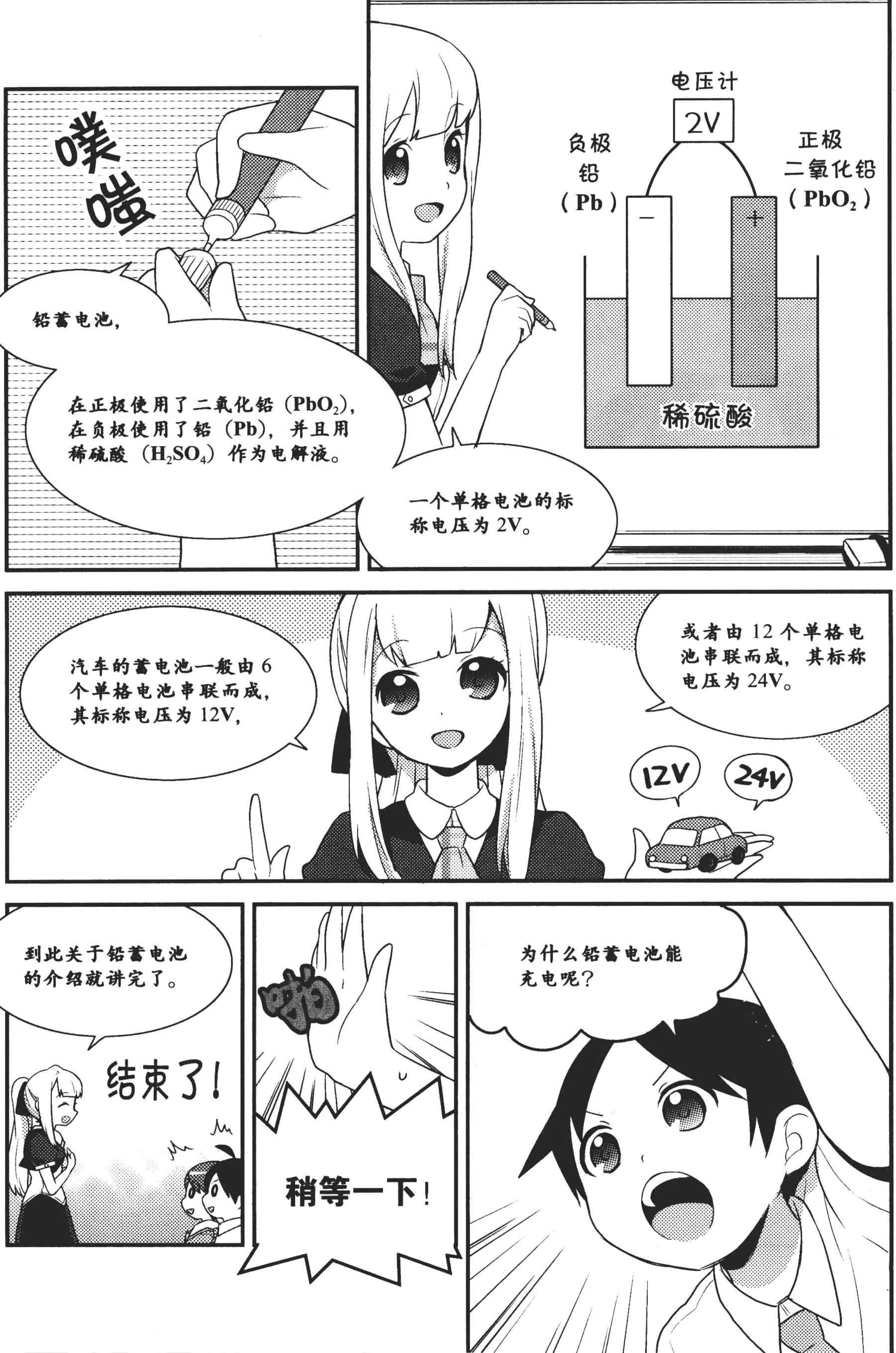

啊，
你们来啦。
吱吱
吱吱
……
你在做什么啊？
我想把坏了的
玩具修好。
你看起来不像是在修
玩具……
是吗？
请你帮帮我。


干脆
利落
你太厉害了。
小达以前就很擅长这个。
由理也请他修理过什么东西吗？
呜呜
嗯，
那是很久以前的事了。
好！
修好了！
谢谢你。
为了表示感谢，今天我也给你们讲一些与电池有关的知识吧。

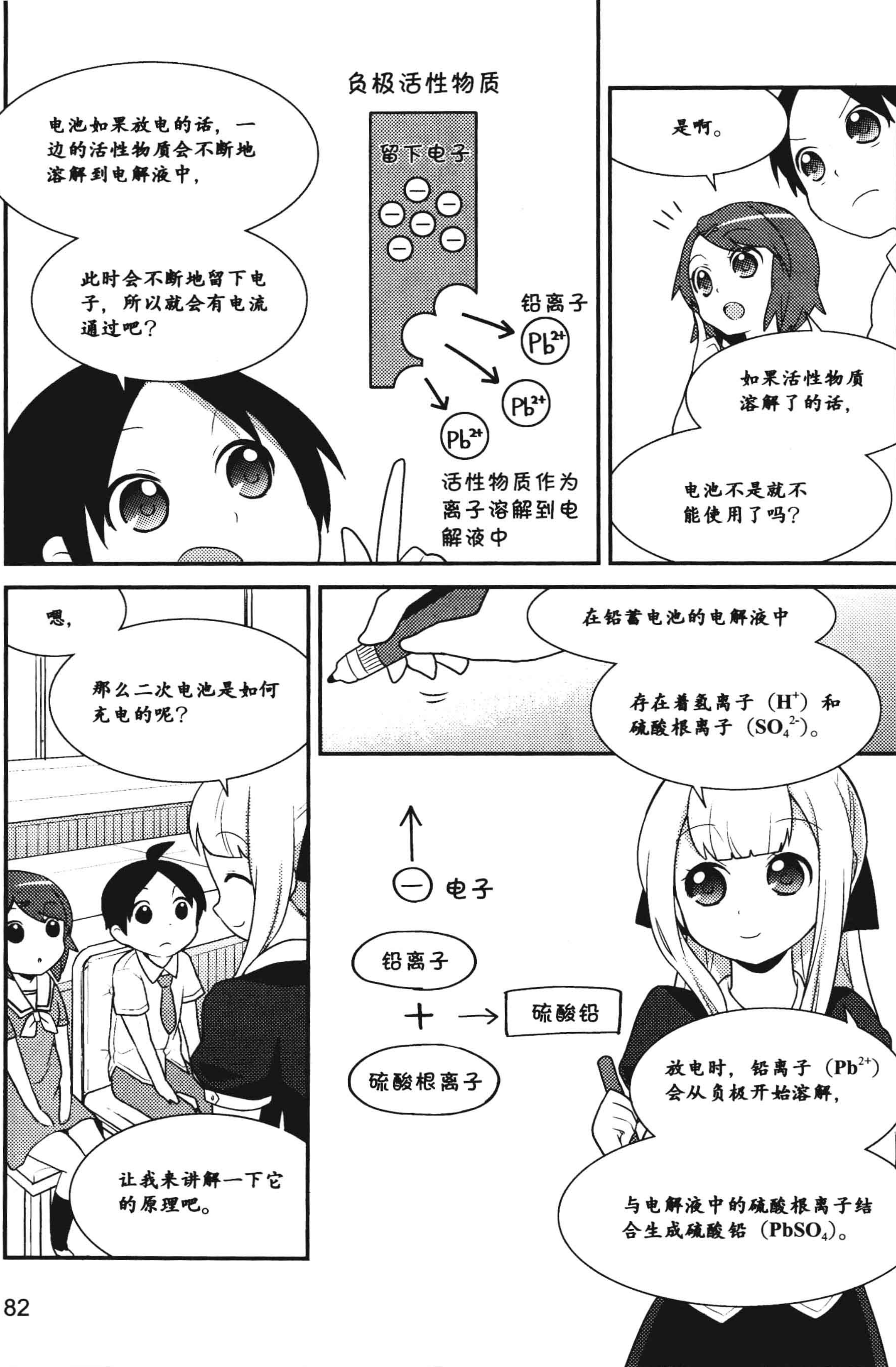

之前我讲过化学电池中的一次电池吧。
我们听过了有关锰干电池和碱性干电池的内容。
那么今天我来讲讲二次电池。
嗯……
二次电池与一次电池不同，
它可以充电吧。
没错。
使用专用充电器和电器内部所内置的充电器就能够给二次电池充电。
因为电池种类和充电方法的不同，其使用次数也不一样。有些电池能够使用500次以上。

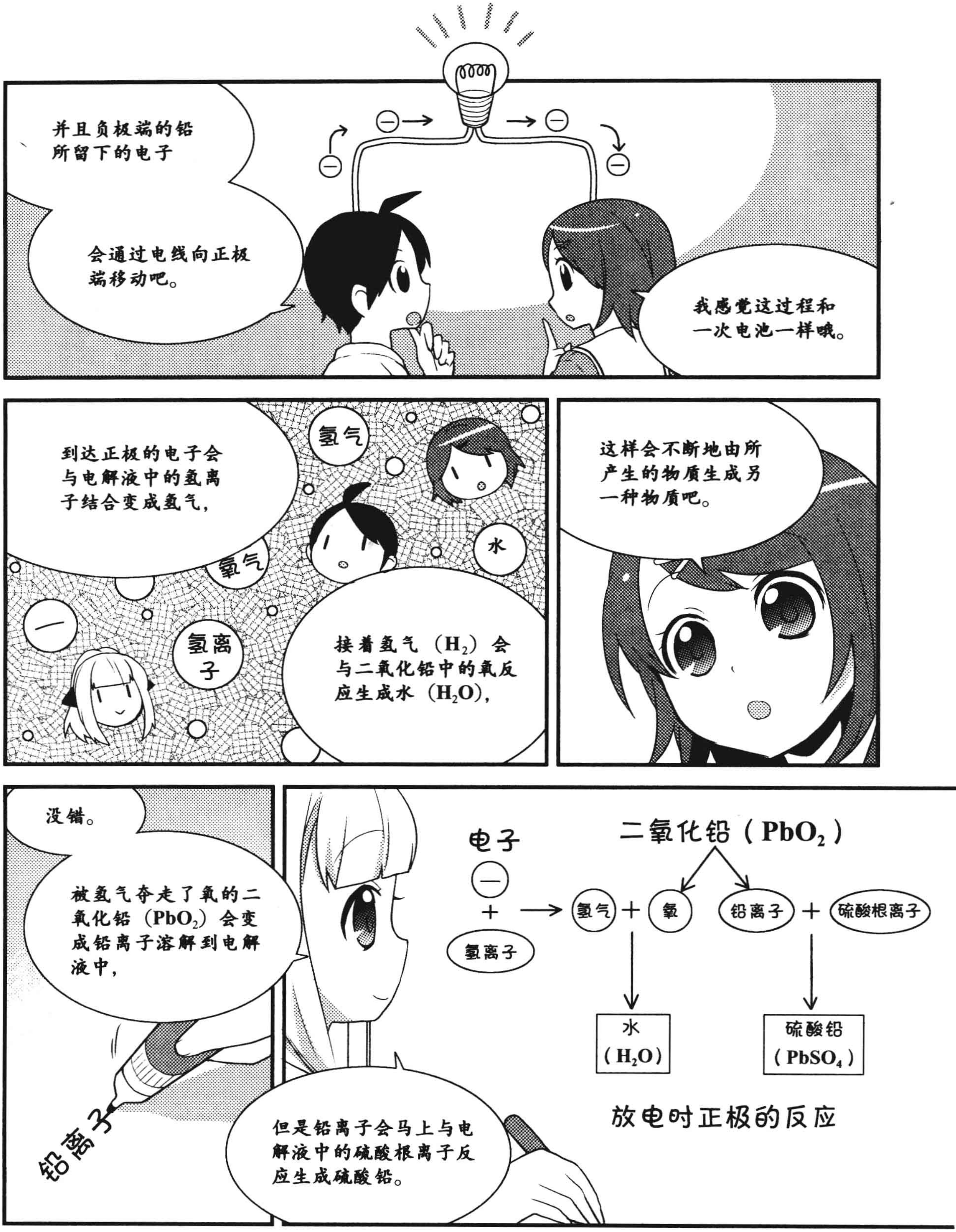
3.2 二次电池的种类和特点





噗嗤
铅蓄电池，
在正极使用了二氧化铅（PbO_2），在负极使用了铅（Pb），并且用稀硫酸（H_2SO_4）作为电解液。
电压计
2V
负极
铅
（Pb）
正极
二氧化铅
（PbO_2）
−
+
稀硫酸
一个单格电池的标称电压为2V。
汽车的蓄电池一般由6个单格电池串联而成，其标称电压为12V，
或者由12个单格电池串联而成，其标称电压为24V。
12V
24V
到此关于铅蓄电池的介绍就讲完了。
结束了！
啪
稍等一下！
为什么铅蓄电池能充电呢？


电池如果放电的话，一边的活性物质会不断地溶解到电解液中，
此时会不断地留下电子，所以就会有电流通过吧？
负极活性物质
留下电子
铅离子
活性物质作为离子溶解到电解液中
是啊。
如果活性物质溶解了的话，
电池不是就不能使用了吗？
嗯，
那么二次电池是如何充电的呢？
让我来讲解一下它的原理吧。
在铅蓄电池的电解液中
存在着氢离子（H+）和硫酸根离子（SO42-）。
电子
铅离子
硫酸铅
硫酸根离子
放电时，铅离子（Pb2+）会从负极开始溶解，
与电解液中的硫酸根离子结合生成硫酸铅（PbSO4）。

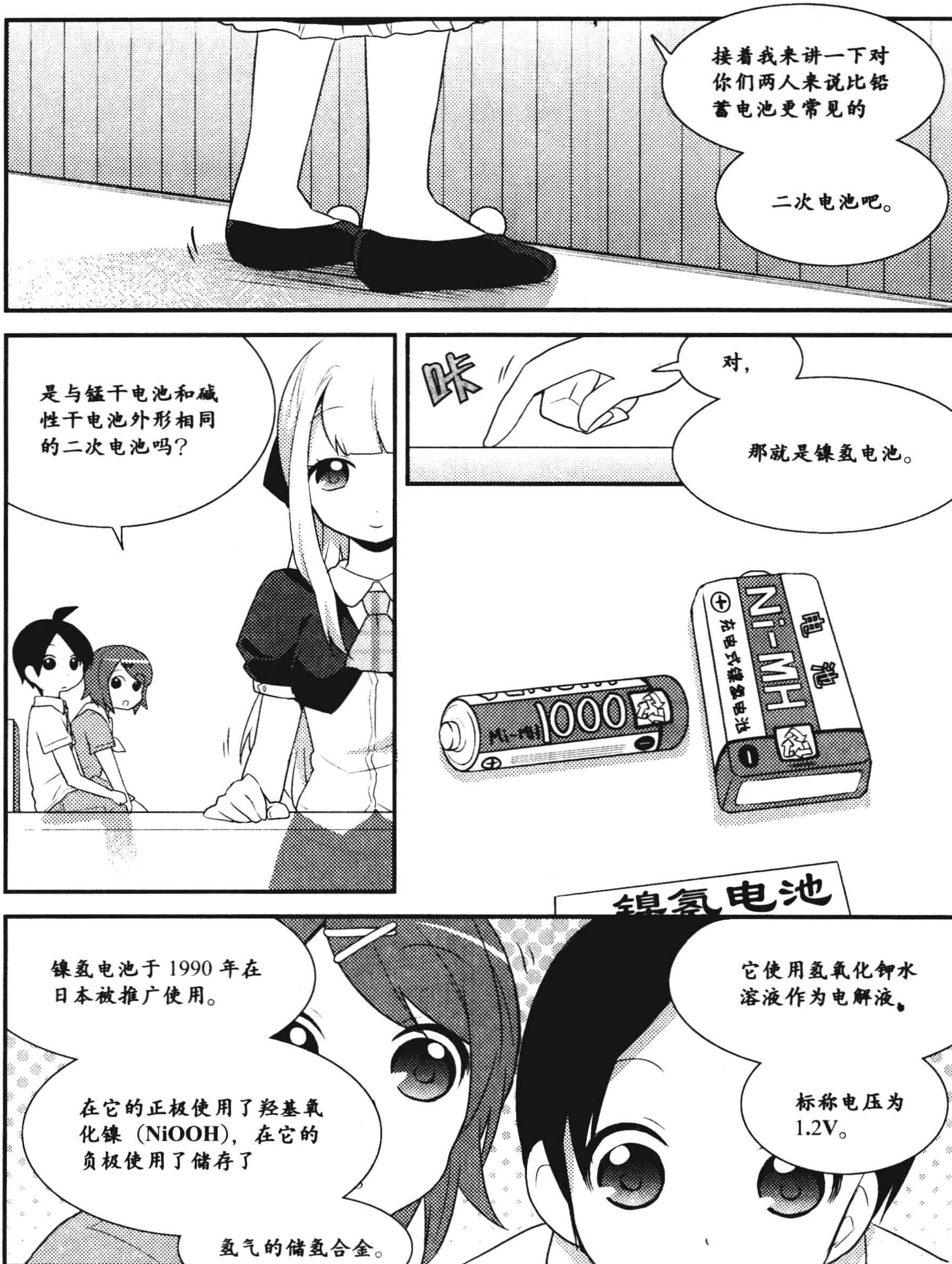

并且负极端的铅所留下的电子
会通过电线向正极端移动吧。
我感觉这过程和一次电池一样哦。
到达正极的电子会与电解液中的氢离子结合变成氢气，
氢气
氧气
水
一
氢离子
接着氢气（H_2）会与二氧化铅中的氧反应生成水（H_2O），
这样会不断地由所产生的物质生成另一种物质吧。
没错。
被氢气夺走了氧的二氧化铅（PbO_2）会变成铅离子溶解到电解液中，
铅离子
但是铅离子会马上与电解液中的硫酸根离子反应生成硫酸铅。
电子
二氧化铅（PbO_2）
氢离子
氢气
氧
铅离子
硫酸根离子
水（H_2O）
硫酸铅（$PbSO_4$）
放电时正极的反应

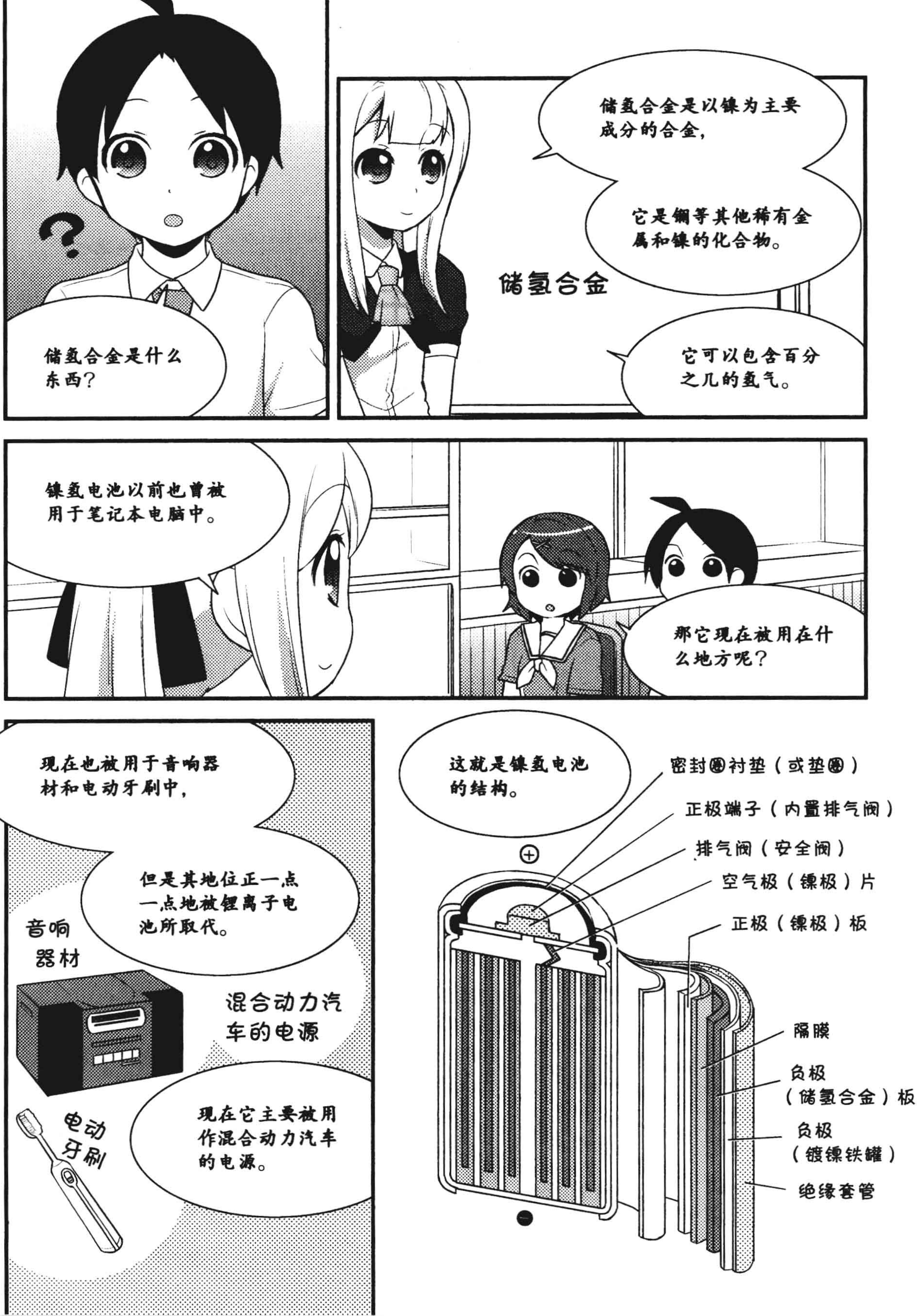


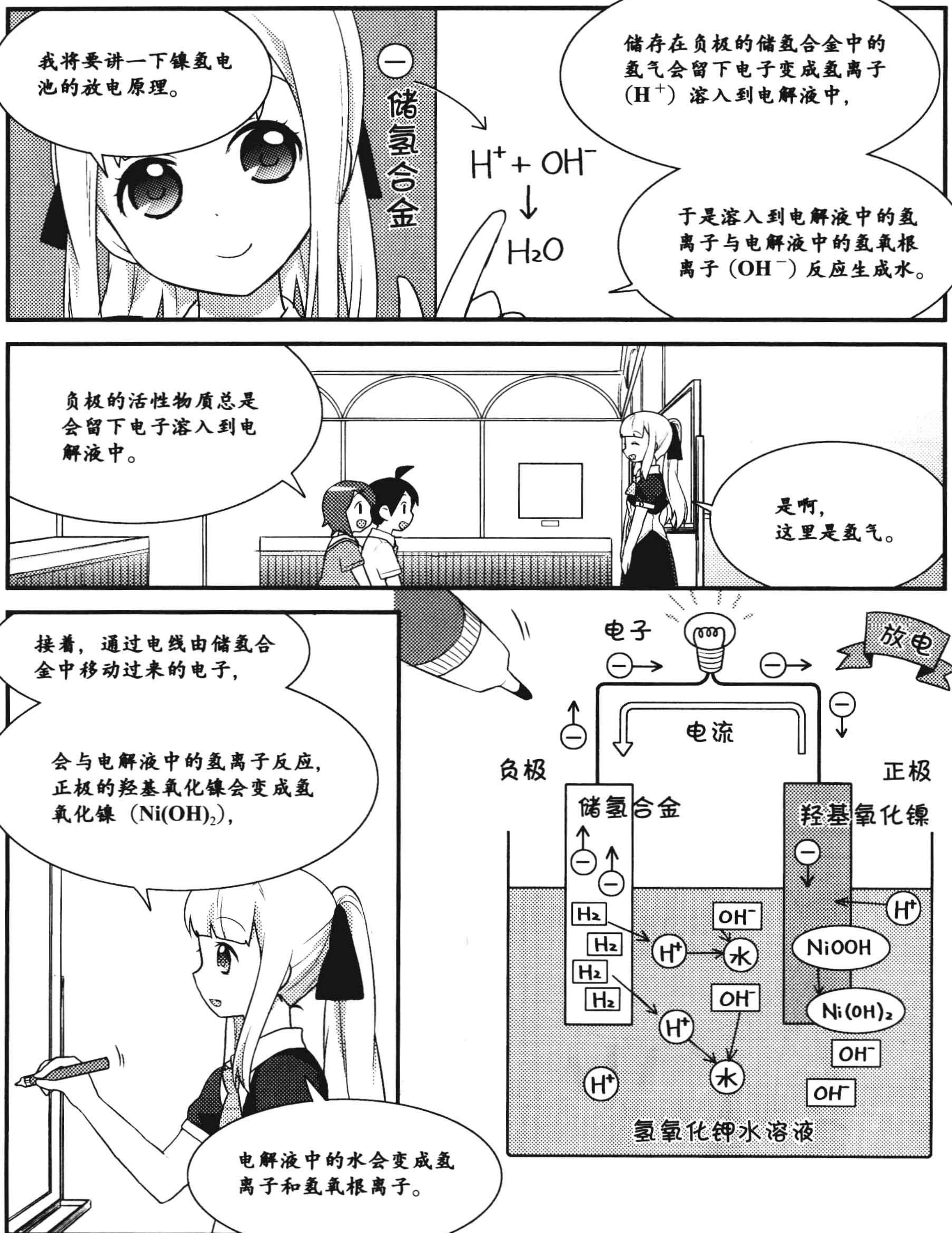
放电
电子
电流
负极
正极
铅
二氧化铅
稀硫酸
H^+
氢气
硫酸铅
硫酸根离子
硫酸根离子
这样在正极端和负极端都会产生硫酸铅吧，
硫酸铅会一点一点地覆盖住电极。
如果电极被覆盖，是不是就不能发生反应了？
这一点你提得很好。
没错，
如果电极被覆盖，电池的发电能力就会降低。
硫酸铅
电极
发电能力降低！
啊！
因此就得给电池充电吧！
但是为什么电流通过电池就又能使用了呢？
那么，让我们来看看给电池充电时会出现什么结果。


当给电池充电时，来自于电池外部的电子会流入电池负极，
这样就会开始把电子交给外侧部分的少许硫酸铅在电解液中溶解后所形成的铅离子。
于是位于负极的铅的电子会过度增加，
负极端
铅
电子
铅
铅
Pb2+
那样的话，
曾经溶解了的铅又会变成金属回到负极端吧？
没错。
于是铅会附在负极。
另外在电子不足的正极端，
氢氧根离子（OH⁻）会把电子交给正极端，由此形成水和氧气。
这样产生的氧气（O2）会与硫酸铅反应生成二氧化铅，
正极端
二氧化铅
水
氧气
氢氧根离子
氧气
硫酸铅
二氧化铅
二氧化铅
二氧化铅
产生的二氧化铅会附在正极端出现。
像这样在负极由铅离子生成了铅，
在正极由硫酸铅生成了二氧化铅……
啊！
这与刚才的情况正好相反！


也就是说，
在充电时发生了与放电时完全相反的现象。
没错。
充电
放电
不，
并不是那么回事。
那么铅蓄电池就能被永久使用了吧！
铅蓄电池如果长时间地放置不用或过放电的话，其电极就会完全被硫酸铅所覆盖。
我们将这一现象叫做硫酸盐化现象。
硫酸盐化现象
硫酸铅的结晶
如果电极完全被覆盖就不会发生刚才所说的反应了吧。
没错。
那样的话，这个铅蓄电池就要作废了。
回收
Box


接着我来讲一下对你们两人来说比铅蓄电池更常见的
二次电池吧。
是与锰干电池和碱性干电池外形相同的二次电池吗？
咔
对，
那就是镍氢电池。
1000
Ni-MH
电池
镍氢电池
镍氢电池于1990年在日本被推广使用。
在它的正极使用了羟基氧化镍（NiOOH），在它的负极使用了储存了
氢气的储氢合金。
它使用氢氧化钾水溶液作为电解液。
标称电压为1.2V。

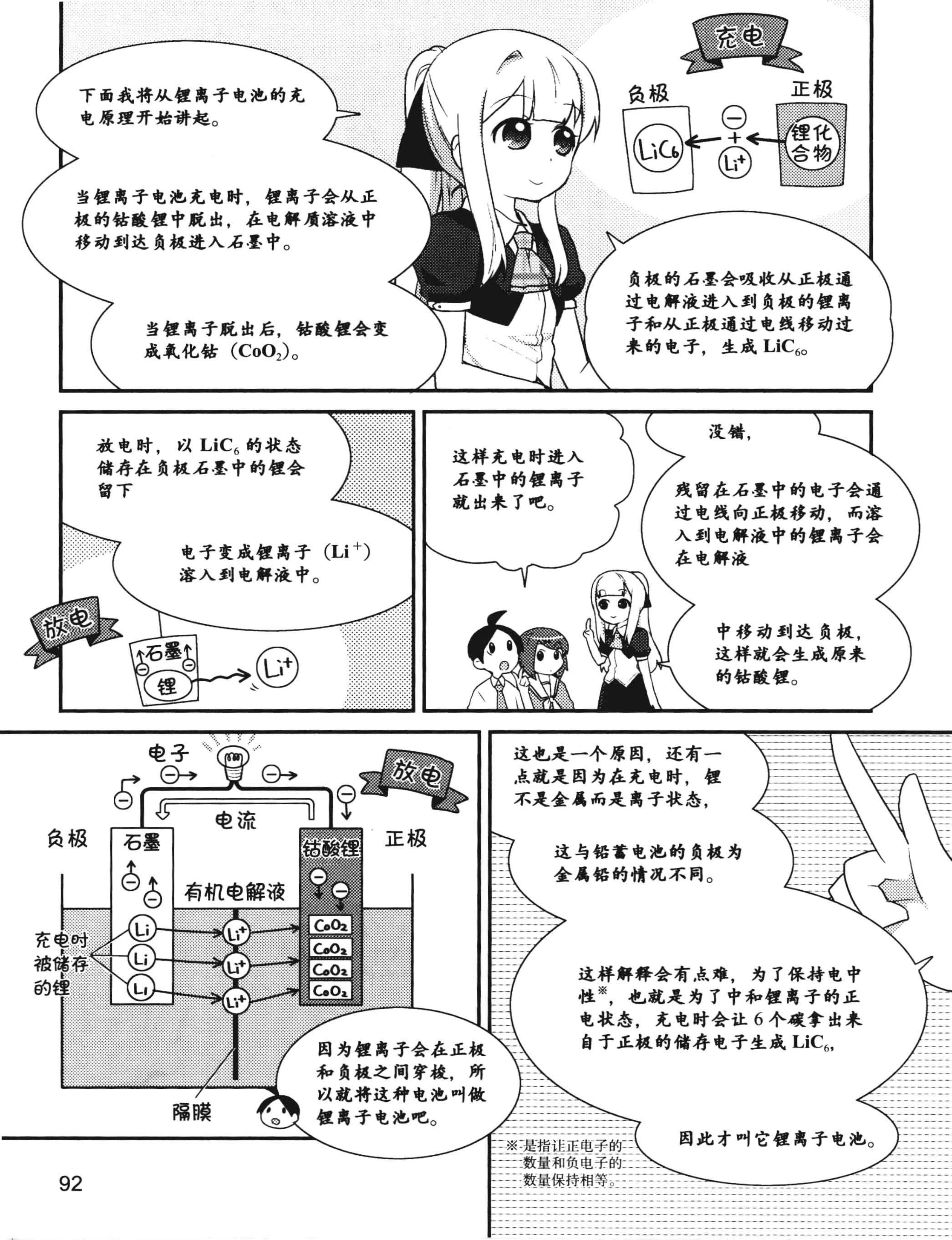

储氢合金是以镍为主要成分的合金，
它是镧等其他稀有金属和镍的化合物。
储氢合金
储氢合金是什么东西？
它可以包含百分之几的氢气。
镍氢电池以前也曾被用于笔记本电脑中。
那它现在被用在什么地方呢？
现在也被用于音响器材和电动牙刷中，
但是其地位正一点一点地被锂离子电池所取代。
音响器材
混合动力汽车的电源
电动牙刷
现在它主要被用作混合动力汽车的电源。
这就是镍氢电池的结构。
密封圈衬垫（或垫圈）
正极端子（内置排气阀）
排气阀（安全阀）
空气极（镍极）片
正极（镍极）板
隔膜
负极（储氢合金）板
负极（镀镍铁罐）
绝缘套管


我将要讲一下镍氢电池的放电原理。
－ 储氢合金
H⁺＋OH⁻ → H2O
储存在负极的储氢合金中的氢气会留下电子变成氢离子（H⁺）溶入到电解液中，
于是溶入到电解液中的氢离子与电解液中的氢氧根离子（OH⁻）反应生成水。
负极的活性物质总是会留下电子溶入到电解液中。
是啊，这里是氢气。
接着，通过电线由储氢合金中移动过来的电子，
会与电解液中的氢离子反应，正极的羟基氧化镍会变成氢氧化镍（Ni(OH)2），
电解液中的水会变成氢离子和氢氧根离子。
电子
放电
电流
负极
正极
储氢合金
羟基氧化镍
H2
H⁺
OH⁻
水
NiOOH
Ni(OH)2
氢氧化钾水溶液


储氢合金
充电
H_2
在充电过程中会发生与刚才的反应完全相反的反应，
通过充电，氢气会再次被储存到储氢合金中。
性质？
希望你们要注意储氢合金的性质。
如果储氢合金在没有储存氢气的状态下被放置不管的话，
其储存氢气的功能就会降低，电池的寿命就会缩短。
工作喽
没有氢气
啊哈哈哈
垂头丧气
垂头丧气
晃晃
因此最好将镍氢电池充电后保管。
原来二次电池也有好多需要注意的地方啊。
呼
当
当
只要充分地理解了其结构和原理，就能够让二次电池的使用寿命更长久。


接着让我来讲解一下夺走了
镍氢电池地位的锂离子电池。
刚才也出现了这个名字吧。
锂离子电池真的是被用在了各种各样的东西上。
锂离子电池于1991年被推广使用，而成功研制它的也是日本。
锂离子电池
它的正极使用了钴酸锂（$LiCoO_2$），负极使用了石墨（碳，C），
它的电解液为有机电解液，
其标称电压为3.7V。
锂离子电池：3.7V
镍氢电池：1.2V
它的标称电压比镍氢电池高，是镍氢电池的3倍多。
没错，它的能量密度大约为镍氢电池的2倍，在二次电池中最高。
并且在非使用状态下，它很少发生自放电（自然地放电），也不会发生记忆效应※，是一种性能优越的电池。
它竟然有这么多优点呢！

※ 参考P101。



充电
负极
正极
LiC6
Li+
锂化合物
下面我将从锂离子电池的充电原理开始讲起。
当锂离子电池充电时，锂离子会从正极的钴酸锂中脱出，在电解质溶液中移动到达负极进入石墨中。
当锂离子脱出后，钴酸锂会变成氧化钴（CoO_2）。
负极的石墨会吸收从正极通过电解液进入到负极的锂离子和从正极通过电线移动过来的电子，生成 LiC_6。
放电时，以 LiC_6 的状态储存在负极石墨中的锂会留下
电子变成锂离子（Li^+）溶入到电解液中。
放电
石墨
锂
Li+
这样充电时进入石墨中的锂离子就出来了吧。
没错，
残留在石墨中的电子会通过电线向正极移动，而溶入到电解液中的锂离子会在电解液
中移动到达负极，这样就会生成原来的钴酸锂。
电子
放电
电流
负极
石墨
钴酸锂
正极
有机电解液
充电时被储存的锂
Li
Li+
CoO_2
隔膜
因为锂离子会在正极和负极之间穿梭，所以就将这种电池叫做锂离子电池吧。
这也是一个原因，还有一点就是因为在充电时，锂不是金属而是离子状态，
这与铅蓄电池的负极为金属铅的情况不同。
这样解释会有点难，为了保持电中性※，也就是为了中和锂离子的正电状态，充电时会让6个碳拿出来自于正极的储存电子生成 LiC_6，
因此才叫它锂离子电池。
※是指让正电子的数量和负电子的数量保持相等。



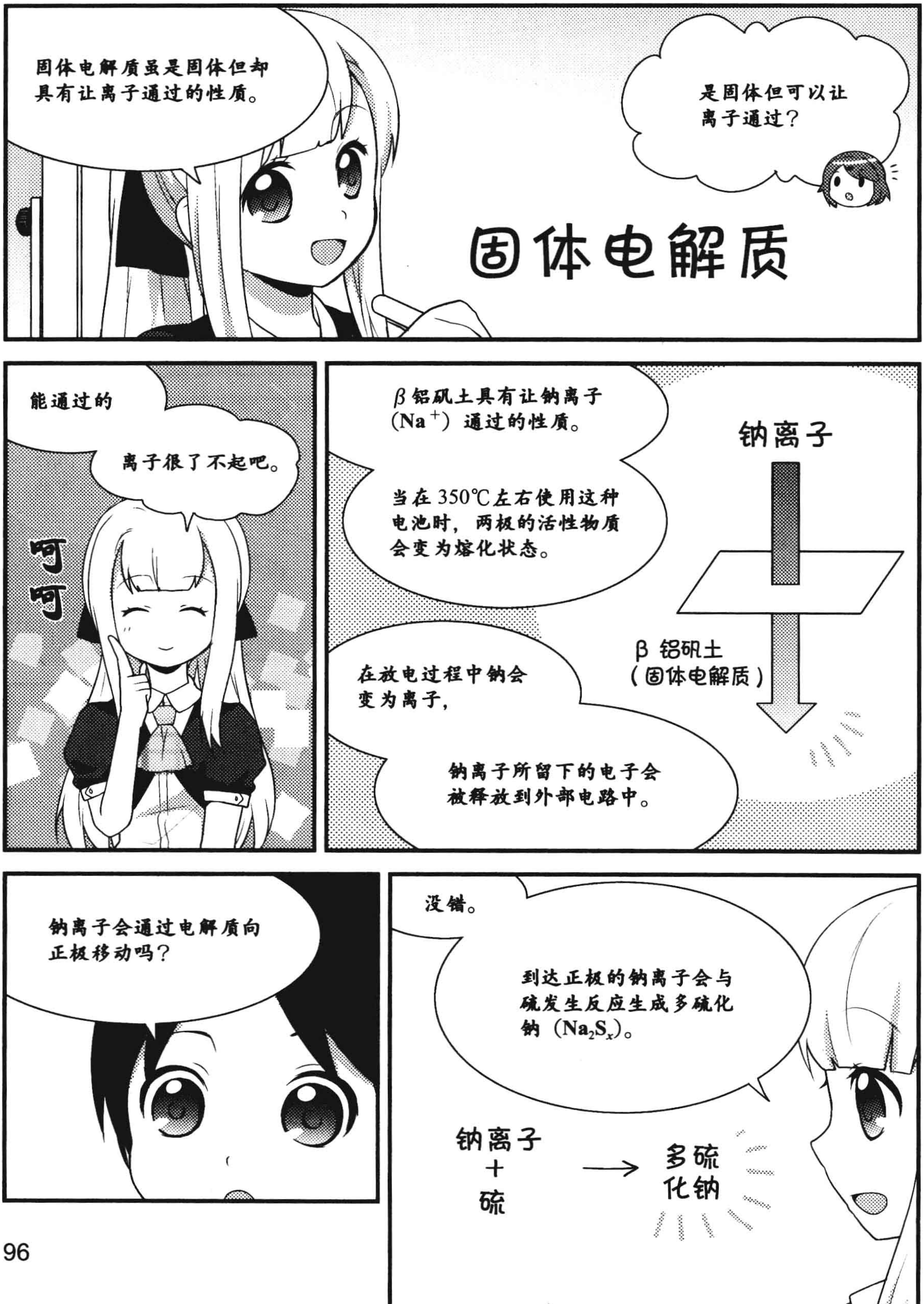
锂离子电池会具有各种形状吗?
一般的锂离子电池有三种形状，即圆柱形、方形、薄片形。
这个图中所显示的是方形锂离子电池的结构，
它比一次电池的结构要复杂。
密封圈衬垫（或垫圈）
负极端子
封口板
排气阀
负极片
正极片
隔膜
负极（铝罐）
正极板
隔膜
正极板
为了防止因电池内部温度、压力上升而引起的电池膨胀、破裂，在电池内部设置了排气阀。
在圆柱形锂离子电池、薄片形锂离子电池以及镍氢电池中也设置了这样的排气阀。
这种圆柱形锂离子电池能够以最
低的成本得到最高的容量
圆柱形
Li-ion
方形锂离子电池一般被用于手机、数码相机等电子产品中
方形
手机虽然使用了性能优越的锂离子电池，
但是不给它充电的话就没有意义了吧。
哼



薄片形锂离子电池用薄片胶片取代了方形锂离子电池中的金属罐，
其电解液包含液态的电解液和把电解液封入凝胶中的聚合物电解液。
薄片形
使用了聚合物电解液的电池不会发生漏液。
今后这种锂离子电池
被大型化后有望作为混合动力汽车和电动汽车的动力用电源而大大地发挥作用。
家庭用充电插头
逆变器
车载充电器
快速充电用插头
发动机
锂离子电池
电动汽车
汽油
电
电池
充电系统
引擎
发动机
燃料箱
混合动力汽车
并且电动汽车也会依靠太阳能电池、风力发电以及夜间的剩余电力而被广泛地使用。
今后也会继续研究开发成本低、能量密度更高的电池。
储存
锂离子电池是有可能开创今后时代的电池啊！

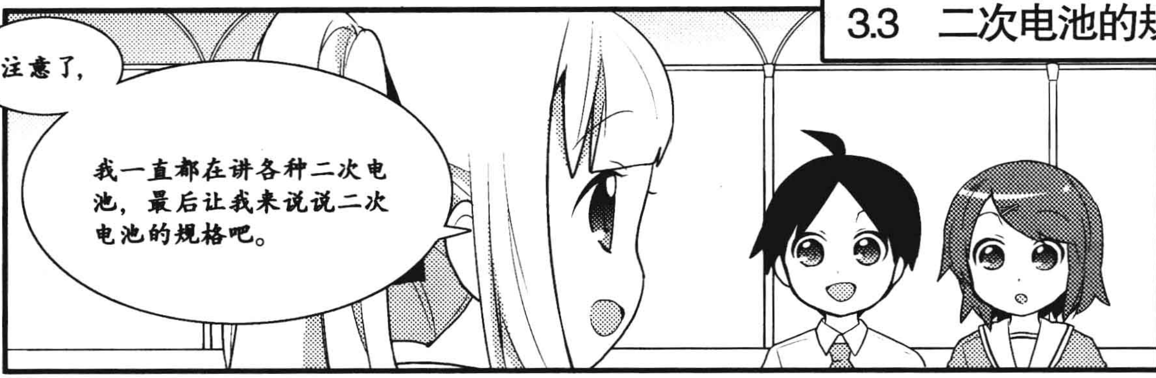


接着让我来讲一下钠硫电池吧。
它也叫做 NaS 电池。
它是使用了钠和硫的电池吗？
嗯，没错。
钠硫电池
这一原理是美国福特（Ford）公司于 1967 年首先发明并公布的。
它是以金属钠（Na）作为负极活性物质，
以硫（S）作为正极活性物质的二次电池。
啊！
Ford
是生产汽车的福特公司吗？
正是。
这种电池的特点就是使用了 β 铝矾土（$(Na_2O)_{1+x}$·$11Al_2O_3$）这种固体电解质。
？
固体电解质？


固体电解质虽是固体但却具有让离子通过的性质。
是固体但可以让离子通过？
固体电解质
能通过的
离子很了不起吧。
呵呵
β铝矾土具有让钠离子（Na⁺）通过的性质。
钠离子
β 铝矾土（固体电解质）
当在350℃左右使用这种电池时，两极的活性物质会变为熔化状态。
在放电过程中钠会变为离子，
钠离子所留下的电子会被释放到外部电路中。
钠离子会通过电解质向正极移动吗？
没错。
到达正极的钠离子会与硫发生反应生成多硫化钠（Na2Sx）。
钠离子 ＋ 硫 → 多硫化钠


用于储电
钠硫电池
电力公司
因为这种电池能量密度高，并且没有使用高价物质，
所以一般被电力公司作为大型储电系统来存储剩余电力。
能量密度高但造价便宜，它真是一种理想的电池啊！
能量高
成本低
但是如果金属钠与水反应的话就会很危险，
金属钠＋水
危险
硫化钠＋水
危险
而且放电生成物硫化钠与水反应会产生毒性很强的硫化氢（H_2S）。
没错，
在处理这种电池时需要非常小心。
如果不注意的话它就是一种非常危险的电池吧。

3.3 二次电池的规格



● 表示单电池系列的符号

	符号	种类	正极	电解液	负极	标称电压(V)
二次电池	H i)	镍氢电池	镍氧化物	碱性水溶液	储氢合金	1.2
	K ii)	镍镉电池	镍氧化物	碱性水溶液	镉	1.2
	IC iii)	锂离子电池	锂复合氧化物	非水有机电解液	碳	3.7
	PB	铅蓄电池	二氧化铅	稀硫酸	铅	2.0

i）在实际应用中，有时会使用 NH、HH、TH 等。

ii）在实际应用中，有时会使用 N、P 等。

iii）在实际应用中，有时会使用 CG、ICP、LIP、U、UP 等。




咔嗒
今天就讲到这里吧。
之前我从未考虑过能充电的电池是如何来充电的。
确实，
听你这么一讲就明白了，太好了。
啊？
那个是不是也坏了？
这样好像就修好了。
呵呵
你还真是很喜欢摆弄机械。

补充说明

二次电池的寿命和劣化

二次电池如果反复地充电、放电，其放电时间会慢慢地缩短，最终会变得不能充电。关于其容量劣化的原因有多种，因电池而异。

关于铅蓄电池容量劣化的原因在前面已经讲过，主要是由硫酸盐化作用和集电体（格子、栅极）腐蚀所引起的。

当锂离子电池的容量低于其初始容量的 60% 时，被认为是锂离子电池充放电的周期寿命。与其他的二次电池不同，导致其充放电周期劣化的主要原因是在正负极活性物质上产生了覆膜。因为在充电状态下正极和负极会具有很强的活性，所以它们会与电解液中的有机溶剂慢慢地反应生成含有锂的有机化合物和无机化合物覆膜。在这个覆膜生成的过程中，与电池反应有关的锂离子和电解液会被消费掉，结果就会导致电池周期劣化。诸如此类，电池容量降低的原因是非常复杂的。

何谓过充电和过放电

过充电是指电池在充电时超过了其规定的容量。电池的放电容量是由填入电池容器内的活性物质的量所决定的。考虑到电池的安全性等因素，一般正极活性物质的质量与负极活性物质的质量不会相等，有一边会多一些，因此电池的放电容量是由量少的一方的活性物质量所决定的。

在充电时，当量少一方的活性物质达到满充电状态后，另一方的活性物质还会残留有未充电的部分。电池在正常状态下不会出现什么问题，但是如果其性能劣化，容量降低的话，要给它充电达到充电器所规定的容量，此时在容量少的活性物质方就会强制性地发生其他反应，如会引起活性物质的结构被破坏、电解液电解而产生气体，这样会很危险。

因此在二次电池内部安装了安全阀，当电池的内部压力达到一定程度时，积存在内部的气体就会被排出去。并且对于锂离子电池而言，如果过充电状态一直持续

的话，就会出现电解液分解，接着正极和电解液就会发生反应。尤其是在过充电状态的正极，结晶会被破坏，释放出氧气，释放出的氧气会氧化分解电解液并产生热量，因而电池内部的温度就会上升。如果温度持续上升，就会发生“热失控”反应，有时会产生烟雾，导致起火，所以很危险。因此为了防止锂离子电池过充电，在其上面设置了防止过充电的保护电路。

另外过放电是指因为某种原因而导致电池不得不超过电池容量强制放电，此时同样会引起电解液电解而产生气体。

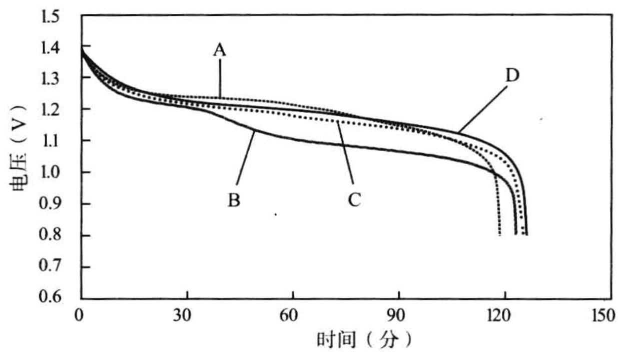
像这样的过充电、过放电容易发生在多个电池串联的电池组中。在组成电池组时，当然要用容量一致的电池。不过随着充放电周期的循环，无论如何在电池组中都会出现一个劣化程度大于其他电池、容量小于其他电池的电池。如果让这样的电池组充电、放电的话，那个劣化程度大的电池就会被强制过充电、过放电。

在宇宙卫星中使用了由多个锂离子电池组成的电池组，为了避免上述危险，会由计算机系统对卫星进行控制。计算机系统会测定每个电池的电压，同时会利用温度传感器测定电池侧面的温度，一旦检测出发生异常状况的电池，就会立即将该电池从电子电路中去除。

鉴于上述原因，在使用多个锰干电池和碱性干电池时，一定要使用相同厂家的产品，并且不要将新旧电池混用。例如，在使用 4 个串联电池（1.5V×4=6V）时，如果放入了一个容量少的旧电池，即使这个电池的容量没有了也还有 4.5V，这个旧电池被过放电后，其中的电解液会被电解而产生气体，这样容易导致电池膨胀、漏液等。

记忆效应

镍氢电池能够充放电 500 次左右。如果电池还有剩余的容量却长期反复地进行补充充电，这样电池到达有效电压的放电容量会减少，这种现象称为电池的记忆效应。这种现象并不是电池劣化了，而是电池把补充充电时少的充电容量当作自己的容量记忆住了，所以我们将这种现象称为电池的记忆效应。实际上，如果电池非完全放电，即浅放电后反复地充电，就会像如图 3.1 的放电曲线 B 那样，其放电电压会降低，到达有效放电电压的容量（放电时间）会减少。



A：正常的电池。B: 反复 300 次进行浅放电和充电后的放电曲线。C: 测定 B 后充电后得到的放电曲线。D: 测定 C 后充电后得到的放电曲线。
为了引发电池的记忆效应（B），在 50mA 电流的状态下将电池放电到 1.2V 后，又在 50mA 电流的状态下让其充电 16h，这样反复地进行 300 次。A~D 的放电电流为 250mA，充电电流为 50mA，要充电 16h。

●图 3.1　单 3 形镍氢二次电池的放电曲线（30℃）

当电池产生记忆效应后，如果用专用的充放电装置反复多次地让其完全放电、充电，就会像图中的 C、D 那样，其容量会再次恢复。在最近的镍氢电池充电装置中添加了防止电池产生记忆效应的功能。关于记忆效应的原因，是由于反复地浅放电和充电导致电池处于过充电状态，正极侧的材料 β- 羟基氧化镍的晶体结构会发生变化，变成 γ- 羟基氧化镍，据说这种物质与 β- 羟基氧化镍相比电位低、电阻大。

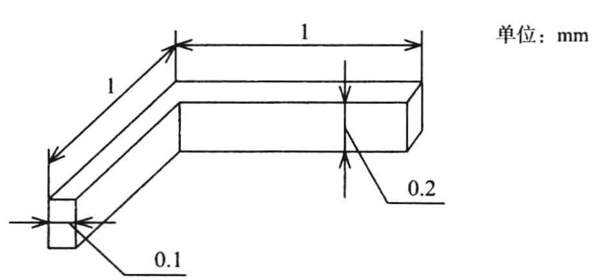
锂离子电池的安全性

在锂离子电池中使用了属于石油类的容易起火和引火的有机溶剂，所以在锂离子电池上面安装了比水溶液系列电池要多很多的安全装置，以防发生不备事故。例如，在电池池身上有遇到高温就会阻断电流的温度保险丝（PTC 元件）、当内部压力增高时将气体释放到外部防止电池破裂的排气阀、低熔点的隔膜（如果温度超过熔点，隔膜就会熔化，堵塞它上面的小孔，阻断离子的流动）等。

在电池外壳、电池组、充电器上都采取了一系列的保护措施，如设置温度检测功能，安装过充电、过放电或过大电流保护装置、保险丝等。但是当加热、撞击、过充电、电解液泄漏和内部短路合并出现时，这种保护系统就会失去正常功能，或者即使能够发挥一定作用但是却不能防止危险出现，有可能会引发起火事故。于是在 2007 年,社团法人电子信息技术产业协会（JEITA）和社团法人电池工业会（BAJ）发行了“关于笔记本电脑锂离子二次电池的安全利用指南”。

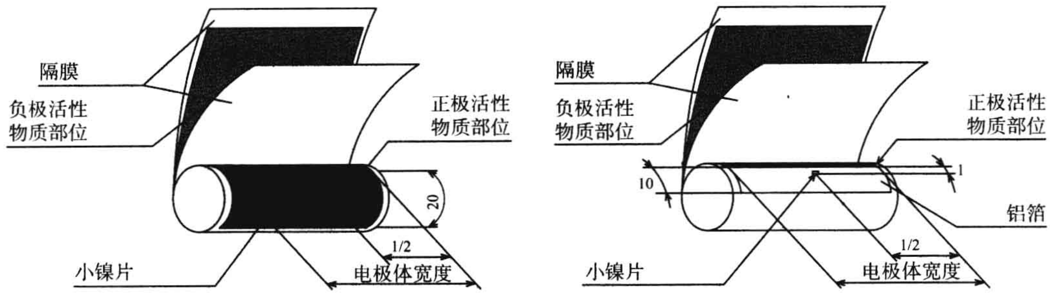
为了避免发生起火事故，强调不要生产品质不合格的产品，并且要注重设计，即使有不合格产品也不至于会起火，这些都很关键。2007 年，日本工业规格（JIS C 8714）“便携性电器用锂离子蓄电池单电池以及电池组的安全性试验”被制定出来，并且在参议院正式会议上通过了消费者生活工业产品安全法（省安法）修正案和电子用品安全法（电安法）修正案。

规定自 2008 年 11 月 20 日起，包含进口产品在内的锂离子电池被指定为有义务自主检查的“特定产品”，必须满足日本国家安全基准——日本工业规格。JIS 规定：为了确保锂离子单电池以及电池组的安全性，要根据如下的安全性试验来确认“即使在制造工序中金属粉末混入了电池内部，电池也不会因为内部短路而起火”。因此专家准备了图 3.2 所示形状那样的小镍片，然后对活性最高时的充电状态下的电池采取适当的保护措施，接着小心翼翼地将电池解体，如图 3.3 那样将小镍片配置在电极之间后将电极卷回原来的状态,让电池复原。详细过程在这里就省略了,这是确认“即使给电池加压造成其正负极之间内部短路也不会起火”的方法。除此之外，为了确保锂离子电池的安全性还制定出了如表 3.1 所示的许多规则。可以说日本在锂离子电池安全性的问题上拥有世界最先进的认识。



（出自 JIS C 8714:2007）

●图 3.2　小镍片的形状



(a) 正极活性物质部位、负极活性物质部位之间　　(b) 正极铝箔部位、负极活性物质部位之间

（出自 JIS C 8714:2007）

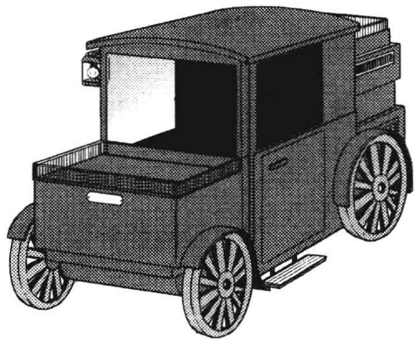
●图 3.3　圆柱形电池的镍片配置图

●表 3.1　关于锂离子电池安全性的各项规则

规格符号	名　称	提案组织	发行年
无	相机用锂离子电池安全性评价指南	电池工业会（BAJ)	1988（修订）
UL 1642	A safety standard for lithium batteries（锂电池安全标准）	Underwriters Laboratorise inc (UL)	2007（修订）
SBA G 1101	锂二次电池安全性评价基准指南	电池工业会（BAJ)	1997
JIS C 8711	携带型电器用锂二次电池	日本工业规格（JIS）	2006
JIS C 8712	密封型小型二次电池的安全性	日本工业规格（JIS）	2006
JIS C 8713	密封型小型二次电池的机械试验	日本工业规格（JIS）	2006
JIS C 8714	便携性电器用锂离子蓄电池单电池及电池组的安全性试验	日本工业规格（JIS）	2007
无	关于笔记本电脑锂离子二次电池的安全利用指南	电子信息技术产业协会（JEITA)、电池工业会（BAJ)	2007
SBA S 1101	产业用锂二次电池的安全性试验（单电池及电池系统）	电池工业会（BAJ)	2011
UN3846	关于危险物运输的联合国公告	联合国危险物运输专家委员会	2001

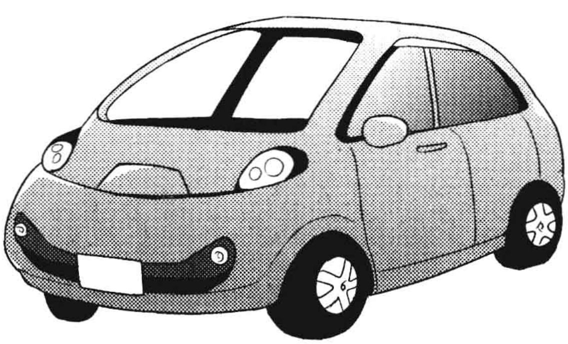
电动汽车及其控制

电动汽车（Electric Vehicle, EV）利用电子发动机来代替汽油引擎以驱动汽车行驶。其历史悠久，在 19 世纪初期，电动汽车就已经在伦敦和纽约开始被使用（图 3.4）。但是到了 19 世纪后半期，卡尔・本茨（德国）和戈特利布・戴姆勒发明了廉价的汽油汽车，从此电动汽车开始慢慢地消失。



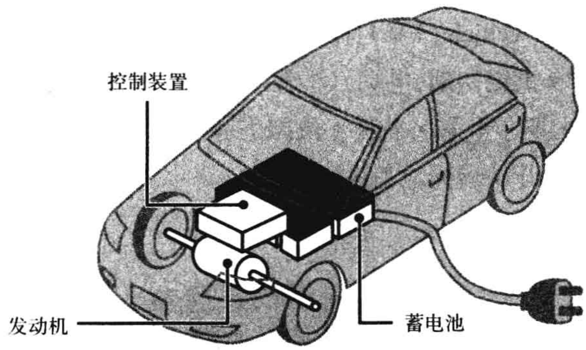
●图 3.4　1900 年左右的电动汽车

但是到了 20 世纪后半期，环境问题引起了人类的关注，人类再次将眼光瞄准了电动汽车（图 3.5）。汽油引擎会排放出氮氧化物等环境污染物质，而电动汽车在行驶过程中不会排放出污染大气的物质 NO_X（氮氧化物）和引起地球温室效应的气体 CO_2（二氧化碳），并且它几乎不会产生噪声和振动，是一种有利于环保的交通工具。



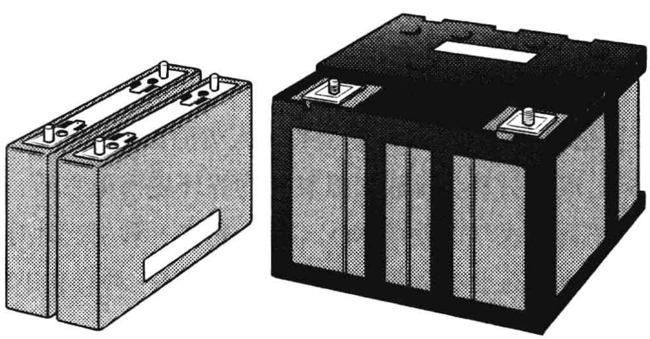
●图 3.5　电动汽车

电动汽车由驱动用蓄电池、驱动用发动机（电动机）、控制装置等构成（图 3.6）。



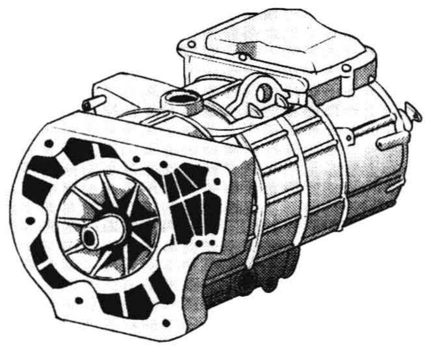
●图 3.6　电动汽车的结构

一般使用铅蓄电池、镍氢电池、锂离子电池等作为驱动用蓄电池，不过以其中能量密度高的锂离子电池为主流（图 3.7）。

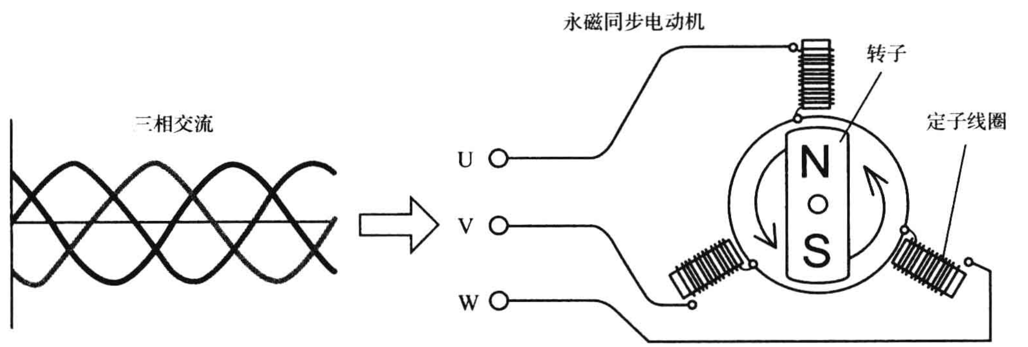


●图 3.7　电动汽车用电池

驱动用电动机包括直流电动机和交流电动机，现在能量效率优越的永磁同步电动机（Synchronous Motor, SM）成为主流（图 3.8）。该电动机在转子上配置了含有钕等稀土元素的强力永久磁铁，在定子上配置了励磁线圈，它的旋转速度与励磁线圈所得到的交流电流的频率成正比（图 3.9）。

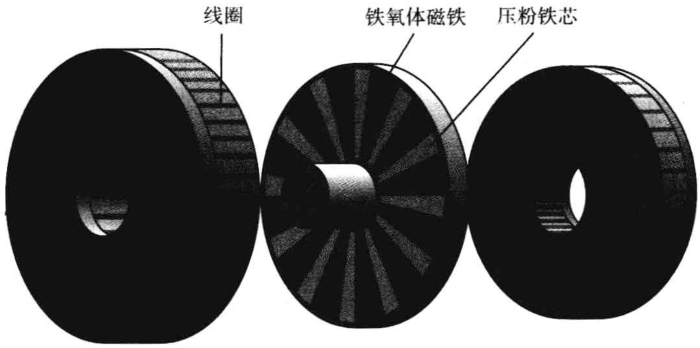


●图 3.8　永磁同步电动机



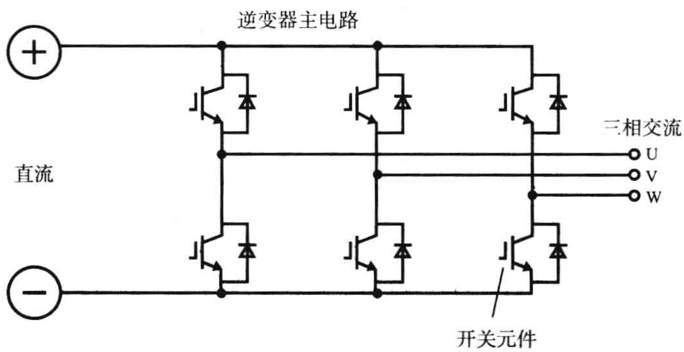
●图 3.9　永磁同步电动机的原理

因为强力磁铁不可缺少的稀土一般产在特定的国家，筹集资源的风险很大，所以现在正在研究开发不含稀土的强磁性材料。并且不使用稀土磁铁，而使用了廉价的铁氧体磁铁，具有新结构、高功率的电动机也已经被开发出来了（图 3.10）。



●图 3.10　使用了铁氧体磁铁的高功率转子结构轴向分段式电动机

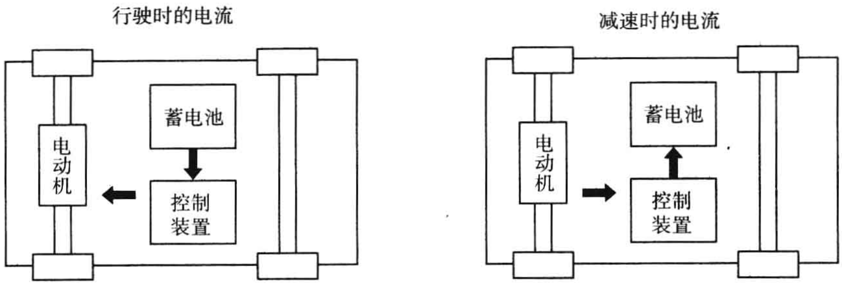
电动机的驱动会通过 VVVF 逆变器（控制可变电压可变频率，Variable Voltage Variable Frequency）将储存在蓄电池中的直流电压转换为三相交流电，通过任意改变频率和电压来控制旋转速度（图 3.11）。



●图 3.11　逆变器电路

为了得到合适的转矩，采用向量控制方法将电动机的电流分为磁通成分和转矩成分来控制电流。并且在电动机上不使用位置检测器等传感器，而是开发了一种无传感技术，依靠运算电路根据各线圈的电流来求出转矩和旋转圈数。

永磁同步电动机也可以用作发电机。汽车在刹车时会把动能转换为热能释放到大气中，而电动汽车在减速时会把驱动用电动机当作发电机，将动能转换为电能，形成将电能回收到蓄电池中（充电）的再生制动（图 3.12）。

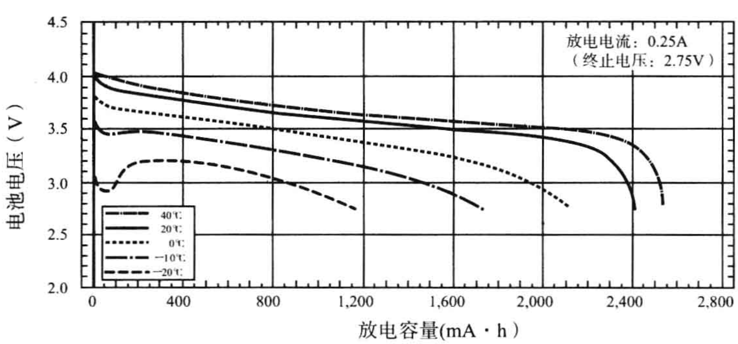


●图 3.12　再生制动

电动汽车与汽油汽车相比，具有噪声小、不会产生 CO_2 和 NO_X 的特点，但是它还存在着很多有待改善的问题，如每次充电的行驶距离短、充电耗时等问题。并且因为噪声太小，在低速行驶时，步行者很难注意到它，这也是个问题，还需要采取人工发音等安全对策。

随着温度而改变的使用时间（放电时间）

因为电池反应是一种化学反应，所以一般温度越高，反应速度就越快，电池的工作电压、电流均会升高，放电时间会越长。图 3.13 是在恒流为 0.25A 的状态下放电时的圆柱形锂离子电池（18650、直径 18.1mm、高 64.4mm、标称容量 2150mA·h）的放电曲线。由此我们可以看出，温度越高，其放电容量也就是使用时间越长。如果将低温状态下不能使用的电池放置在室温中，其剩下的容量还有可能放电。像锰干电池、碱性干电池、钮扣电池等电池都会发生这种状况（图 3.13）。



（出自三洋电机株式会社主页）

●图 3.13　圆柱形锂离子电池（18650）的放电曲线

不过在高温状态下电池的自放电会加剧，特别是在电池长期不使用缺乏放电时，电池的使用时间反而会缩短。因此建议电池的使用温度要在 60℃以下。

宇宙卫星和电池

现在很多卫星被人类发射到宇宙中，这些卫星会将宝贵的信息传送到地球上。对其来说，电力是不可缺少的，在卫星上搭载了太阳电池和二次电池。因为单靠太阳电池，当宇宙卫星进入地球阴暗处时就不能发电，所以要事先将由太阳电池发的电充到二次电池中。

在 1969 年 7 月登上月球表面的阿波罗 11 号和当时异常活跃的众多宇宙卫星中都搭载了镍镉二次电池和碱性燃料电池。之后镍镉二次电池被镍氢电池所取代，直至现在。

在 2010 年 6 月 13 日渡过重重危机又奇迹般地重返地球的“隼鸟”（hayabusa）号太空探测仪上就安装了卫星专用锂离子电池，该电池在当时发挥了重要的作用。这种电池除了负责发射“隼鸟”号、确保它在小行星“itokawa”上着陆、观察“itokawa”和确保安全等主要作业外，还作为各种仪器的支持电源而长期被运用※。这些锂电池是电池组，在“itokawa”上采集样本后就发生了故障，由此电池组中的一部分单电池受到了损伤。但是因为关闭样本采集容器的盖子需要电池，所以当时直接使用了包含受到损伤的电池的电池组，从而跨越了这一异常严峻的条件，最终平安地完成了作业。之后“隼鸟”号进入大气圈，结束了长达 7 年的飞行，最终在地球上着陆，还平安地回收了收纳土壤样本的密封舱。在金星探测仪“拂晓”（akatsuki）号上也安装了锂离子电池。或许在今后要发射的许多观测用探测仪上都会搭载锂离子电池吧。

※ FB 技术新闻、NO.66、P56（2011）、NO.67、P1、P29(2012)。

第4章

燃料电池

4.1 电解和燃料电池

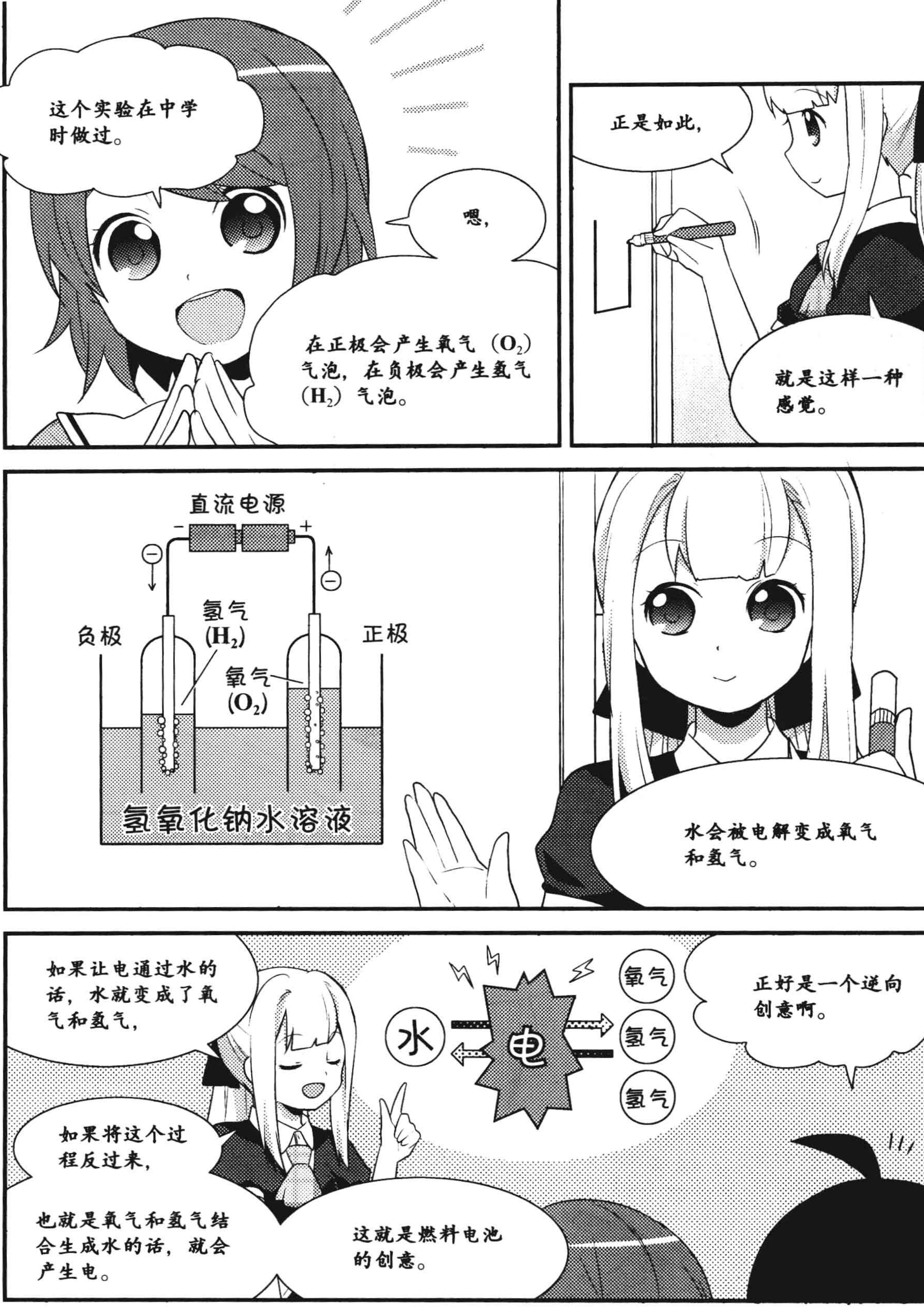

刚才的那些男人是客人吗？
不……
那些人是房地产公司的人。
房地产公司的人？
我想把这个博物馆关了，把这里的房子卖掉……
什么!?


这么有意思的博物馆，
就这么关了太可惜了吧！
呵呵，谢谢。
但是如果没有客人来就不能继续维持下去，
同时也没有继续下去的意义。
可是……
毕竟是从父亲那里继承过来的博物馆，我也舍不得放手啊，
但是没有办法。
不过在给你们讲完有关电池的所有知识之前会一直开着，你们放心啦！
微笑

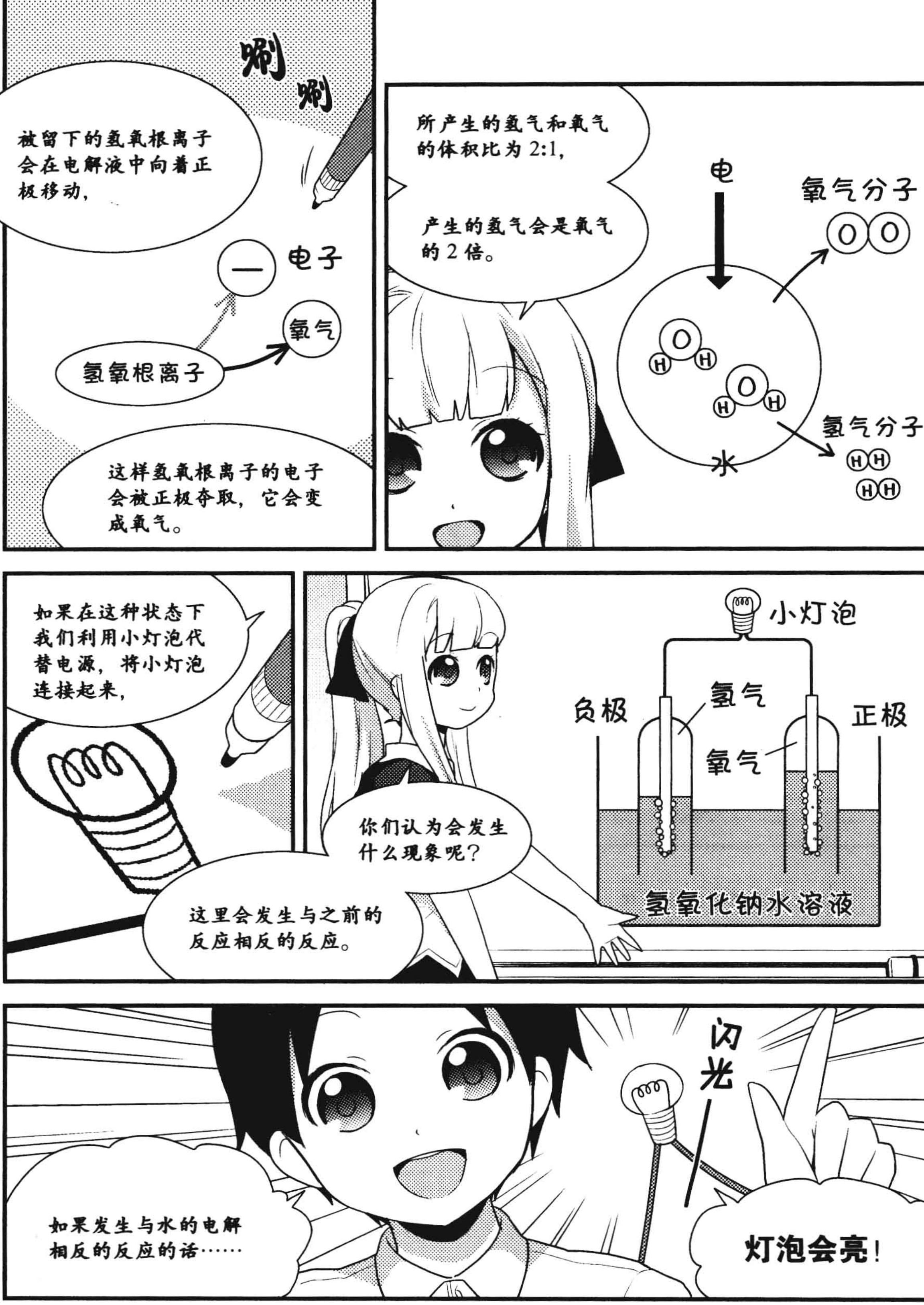


之前我在化学电池中讲过一次电池和二次电池吧。
嗯。
你们还记得化学电池中的最后一种电池是什么吗？
嗯，
是燃料电池吗？
没错，
就是燃料电池。
燃料电池
最后一种电池是燃料电池。
燃料是指会燃烧某种物质吗？
能源？
一听到燃料这个词，就可能会想到燃烧某种东西，可是它不使用火。
不过在燃料电池中会出现这个东西。
哗啦

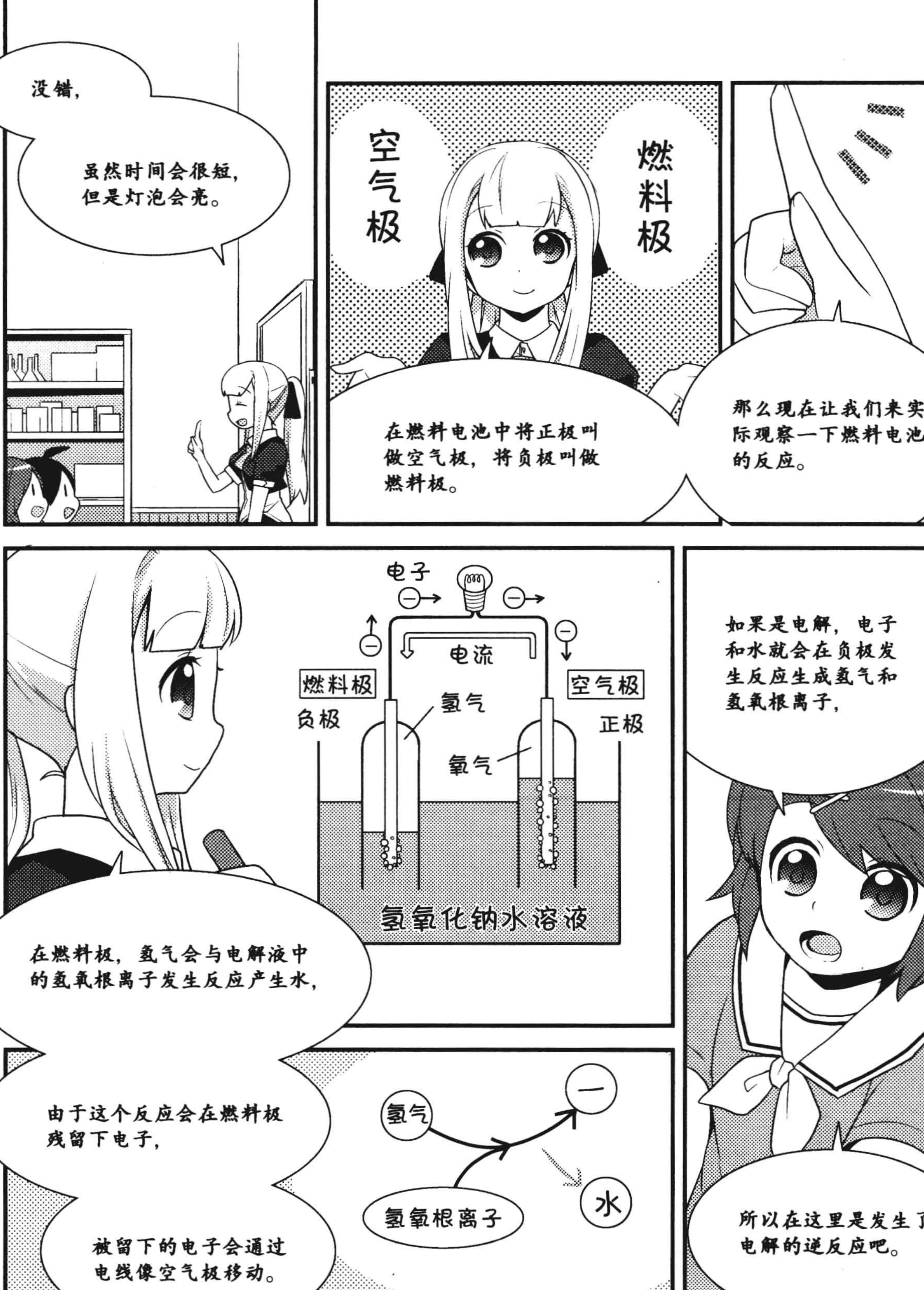

水？
没错，
那么让我来讲一下燃料电池吧。
在讲燃料电池之前，
首先来说一下有关水的电解的知识吧。
首先将氢氧化钠（NaOH）溶于水（H_2O）中，使电容易通过。
电极
氢氧化钠水溶液
如果让电通过这样形成的氢氧化钠水溶液，
你们知道会产生什么结果吗？


这个实验在中学时做过。
嗯，
在正极会产生氧气（O_2）气泡，在负极会产生氢气（H_2）气泡。
正是如此，
就是这样一种感觉。
直流电源
负极
正极
氢气（H_2）
氧气（O_2）
氢氧化钠水溶液
水会被电解变成氧气和氢气。
如果让电通过水的话，水就变成了氧气和氢气，
水
电
氧气
氢气
氢气
正好是一个逆向创意啊。
如果将这个过程反过来，
也就是氧气和氢气结合生成水的话，就会产生电。
这就是燃料电池的创意。


没错。
清洁
燃料电池不是直接燃烧氢气，而是通过氢气与氧气的化学反应来产生电。
因为它不会排出有害的碳素气体，所以可以称之为清洁能源。
另外，燃料电池是1839年由英国人 William R. Grove 发明的。
如何让氢气和氧气发生化学反应呢？
为了说明这一点，
让我们来详细观察一下在水的电解过程中会发生什么现象。
在电解过程中，在负极电子会与水反应产生氢气和氢氧根离子，
电子
氢气
水
氢氧根离子
氢氧根离子（OH⁻）会被留下来。



唰
唰
被留下的氢氧根离子会在电解液中向着正极移动，
电子
氧气
氢氧根离子
这样氢氧根离子的电子会被正极夺取，它会变成氧气。
所产生的氢气和氧气的体积比为2:1，
产生的氢气会是氧气的2倍。
电
氧气分子
水
氢气分子
如果在这种状态下我们利用小灯泡代替电源，将小灯泡连接起来，
小灯泡
负极
氢气
正极
氧气
氢氧化钠水溶液
你们认为会发生什么现象呢？
这里会发生与之前的反应相反的反应。
闪光
如果发生与水的电解相反的反应的话……
灯泡会亮！



没错，
虽然时间会很短，但是灯泡会亮。
空气极
燃料极
在燃料电池中将正极叫做空气极，将负极叫做燃料极。
那么现在让我们来实际观察一下燃料电池的反应。
电子
电流
燃料极
负极
氢气
氧气
空气极
正极
氢氧化钠水溶液
如果是电解，电子和水就会在负极发生反应生成氢气和氢氧根离子，
在燃料极，氢气会与电解液中的氢氧根离子发生反应产生水，
由于这个反应会在燃料极残留下电子，
氢气
氢氧根离子
水
被留下的电子会通过电线像空气极移动。
所以在这里是发生了电解的逆反应吧。



没错，
它们正好相反。
一
氧气
水
氢氧根离子
如果是电解，在正极氢氧根离子会释放出电子变成氧气，
所以这还是逆反应吧。
另外在空气极，水和氧气会吸附由燃料极通过电线移动过来的电子产生氢氧根离子。
没错。
这样，
燃料电池……
电
OO
氧气分子
HH HH
氢气分子
HOH HOH
水
热
会通过氢气和氧气产生电，
同时会产生水和热。

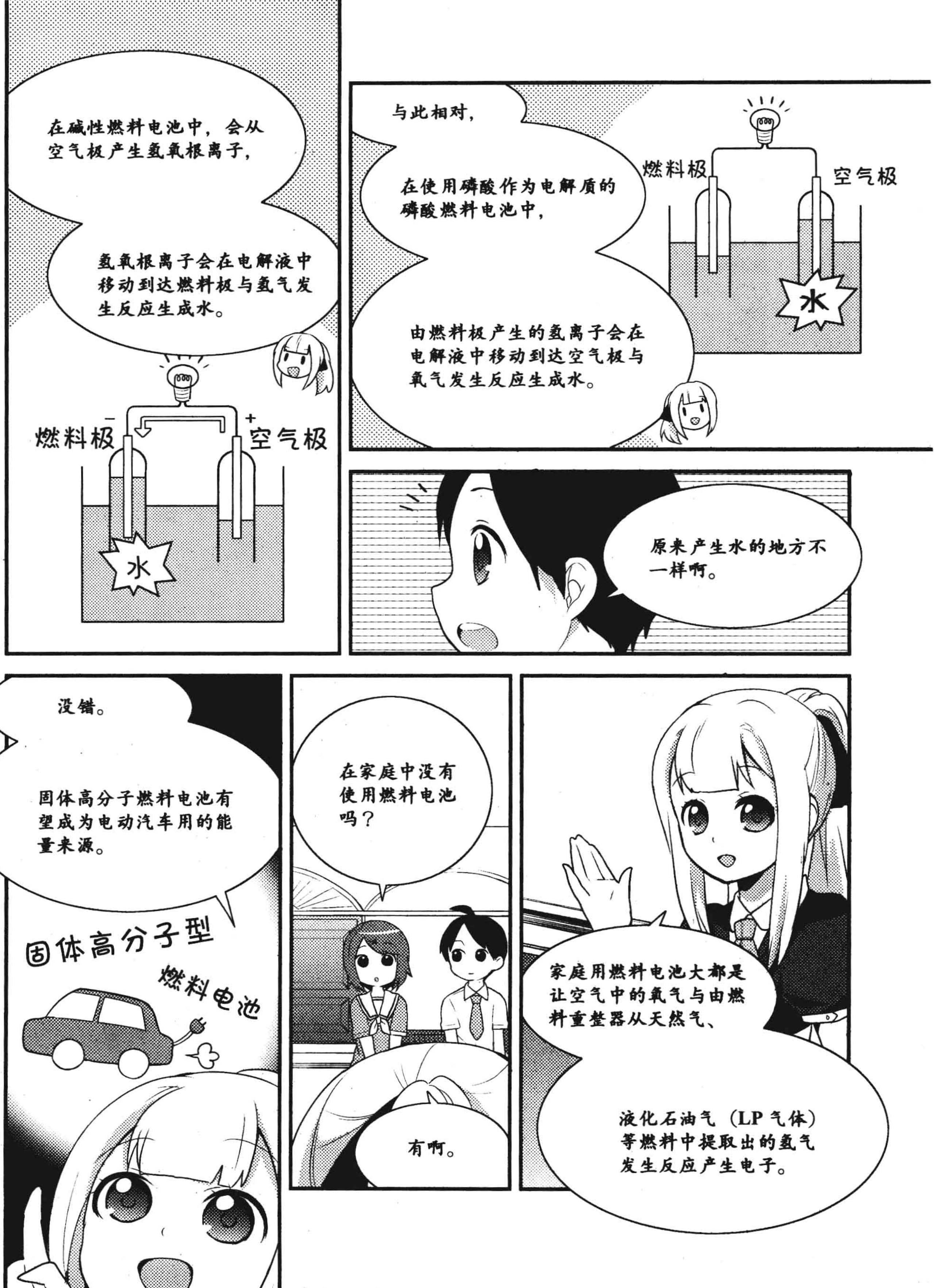


※ 空气中大约 20% 都是氧气，剩下的主要是氮气。

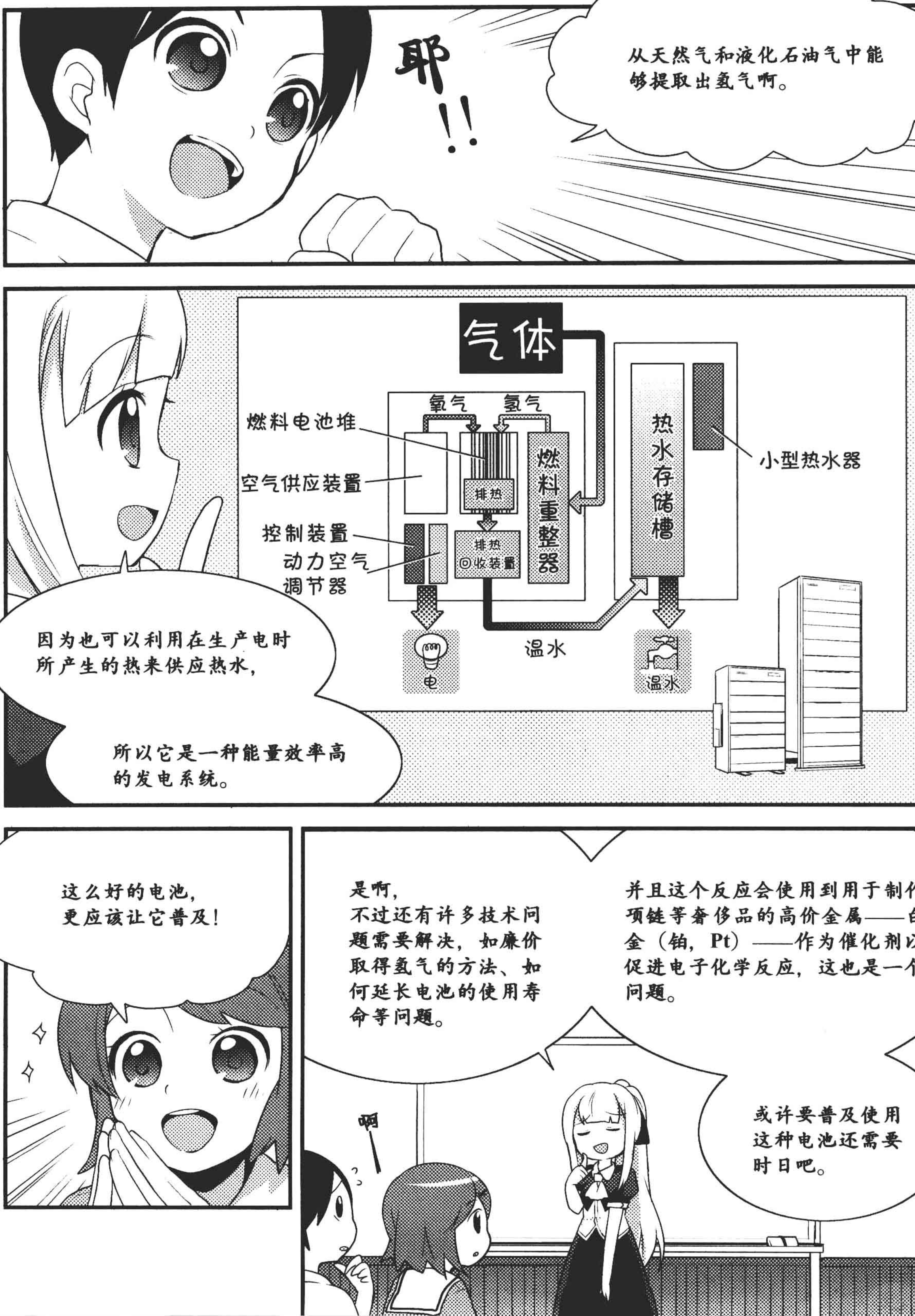
4.2 燃料电池的种类和特点




我们将使用了碱性的氢氧化钠作为电解质的
燃料电池叫做碱性燃料电池。
这种燃料电池在阿波罗宇宙飞船中也被使用过。
宇宙飞船！
宇宙飞船
呵呵。
不过能够保持这种纯真的人还是很好的。
小达真的永远都像是一个“小男孩”。
……



在碱性燃料电池中，会从空气极产生氢氧根离子，
氢氧根离子会在电解液中移动到达燃料极与氢气发生反应生成水。
燃料极
空气极
水
与此相对，
在使用磷酸作为电解质的磷酸燃料电池中，
由燃料极产生的氢离子会在电解液中移动到达空气极与氧气发生反应生成水。
燃料极
空气极
水
原来产生水的地方不一样啊。
没错。
固体高分子燃料电池有望成为电动汽车用的能量来源。
固体高分子型
燃料电池
在家庭中没有使用燃料电池吗？
有啊。
家庭用燃料电池大都是让空气中的氧气与由燃料重整器从天然气、
液化石油气（LP气体）等燃料中提取出的氢气发生反应产生电子。


耶!!
从天然气和液化石油气中能够提取出氢气啊。
气体
氧气
氢气
燃料电池堆
空气供应装置
排热
控制装置
动力空气调节器
排热回收装置
燃料重整器
热水存储槽
小型热水器
电
温水
温水
因为也可以利用在生产电时所产生的热来供应热水，
所以它是一种能量效率高的发电系统。
这么好的电池，更应该让它普及！
是啊，不过还有许多技术问题需要解决，如廉价取得氢气的方法、如何延长电池的使用寿命等问题。
并且这个反应会使用到用于制作项链等奢侈品的高价金属——白金（铂，Pt）——作为催化剂以促进电子化学反应，这也是一个问题。
或许要普及使用这种电池还需要时日吧。
啊



原来使用了高价的材料啊。
项链
燃料电池
发抖
发抖
做什么都要花钱哦。
攥紧拳头
那个……
请让我来帮助你！
咔嗒
这么突然，要干什么？
啊？
？
使劲儿地
做什么？
绝对不能让这么好的博物馆关闭！
电池博物馆复活大作战！

补充说明

燃料电池是 1839 年由英国的 Grove 发明的。1801 年英国人 Humphry Davy 发现了燃料电池的原理，之后一直悄然无声的燃料电池终于在 20 世纪 50 年代引起了人们的关注。

1952 年，英国的培根开发的利用氢氧化钠作为电解液的燃料电池在美国的阿波罗计划中被采用，并且被安装在了于 1969 年登上月球的阿波罗宇宙飞船上。当时在这个关系到美国国威的计划中以人命为第一、无视成本而被使用的燃料电池很遗憾地并没有被广泛普及。从原理上来看燃料电池是非常优秀的，但是自从其原理被发现后到如今已经有 200 多年过去了，终于迎来了正式将它实用化的时期。但是要将它用在电动汽车上或许还需要花费一段时间。

1860 年法国的普朗泰发明了铅蓄电池，1868 年作为锰干电池先驱的勒克朗谢 (Leclanche) 电池由法国科学家勒克朗谢 (George Leclanche) 发明出来，这种电池在正极使用了二氧化锰，在负极使用了锌，用氯化铵作为电解液。之后在 19 世纪 80 年代，卡尔・葛司南（Gassner）、赫勒森 (Wilhelm Hellesen)、屋井先藏相继发明了干电池，不久各种干电池被推行使用，至今已持续使用了 100 多年的时间。

燃料电池与现在仍然很活跃的锰干电池、铅蓄电池大不相同。燃料电池的推广使用为什么需要花费这么长的时间呢？因为要使它实用化，必须要跨过很大的技术障碍。让我来依次叙述一下吧。

燃料电池和白金

用于燃料电池中的氢气（H_2）和氧气（O_2）在常温下是非常稳定的分子。这两种分子在切断 H—H、O—O 键形成水分子（H_2O）的过程中能够提取出电子。白金具有促进水形成反应顺利进行的作用，即在这个反应中起催化剂作用。一般认为在正极和负极分别会发生氧气分子、氢气分子的键断裂，从而形成 Pt-O、Pt-H 的状态生成水。在电极表面要迅速地形成这种状态，现在除了利用高价的白金外，没有其他可以利用的物质。Grove 在实验中，就在正极、负极使用了白金板，但是这却不能

被推广使用。之前很多技术人员都倾力研究如何让少量的白金催化剂均匀地分散在碳素电极等电极的表面。现在把白金碎成纳米（nm，10 亿分之一米）级或比纳米级还要小的白金粒子后再将这些离子分散在碳素电极表面的技术已经形成。据说即便如此，每一台以燃料电池作为动力源的电动汽车也需要使用几十克到 100 克左右的白金。从沼气和酒精中提取氢气时使用的重整器也需要白金。一些技术人员一直都在拼命地研究用低价高性能的催化剂来取代高价的白金，这或许需要再花费一些时间。并且由重整器得到的氢气中有时会含有一氧化碳（CO），而 CO 极易附在白金表面。如果 CO 附在白金表面的话，白金就不能发挥其催化剂作用，所以氢气的纯度必须要高。

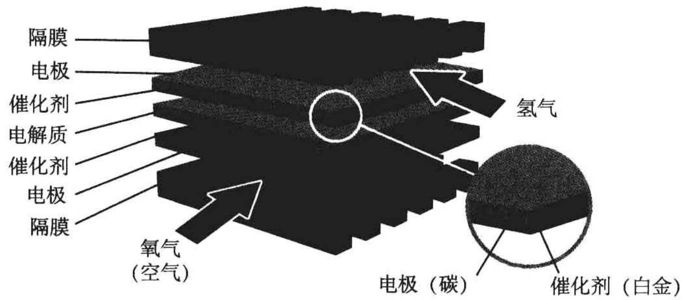
现在燃料电池汽车的成本还是很高的，以长期租赁价格来看，每个月要花费 84 万日元（30 个月租赁期）。要使它得到普及，还需要将它的成本降到与汽油汽车相当的程度，还需要更多的技术革新。工作温度高的熔融碳酸盐燃料电池和固体氧化物燃料电池不需要催化剂，但是要将它们推广使用还必须克服很多技术课题。

氢　气

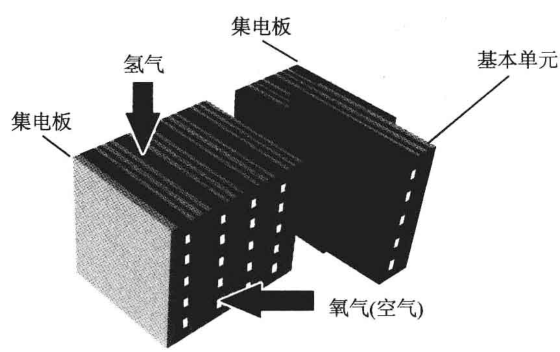
氢气一般是通过水的电解得到的，但是以此如何得到电力还是一个研究课题。因为燃料电池的反应生成物只有水，所以将它称为清洁能源。可是在将利用化石燃料燃烧进行的火力发电和核发电所得到电力用于电解方面还存在着问题。虽然水力发电是很理想的发电方式，但是在日本适合水力发电的场所几乎已经被开发殆尽，现在能考虑的就是夜间的剩余电力。今后还会考虑利用太阳电池、风力发电、地热发电、海水发电（利用海水温度差和潮水的涨落来发电）等自然能源，但是在这些领域分别有很多必须克服的技术课题。另外还有一点，当需要氧气时可以从空气中吸取必要数量的氧气，但是如何储存氢气呢？这也是今后的一个研究课题。现在试运行的燃料电池车都是装载着沉重的金属储气瓶在行驶。虽然也在研究能够大量储存氢气的轻合金（储氢合金），但是似乎还没有发现能够承受得住将它实用化的东西。并且也需要建筑像汽油加油站那样的氢气补充站点，以便能够轻易地补充氢气。

电极制造技术

燃料电池的理论电压（电流不流通时的理想电压）为 1.23V，其工作时的电压为 0.7~0.8V。与商用电源一样，要使用燃料电池就需要提高它的电压。实际上为了得到更大功率的电力，燃料电池由许多基本单元堆积而成，这一结构又被称为堆（燃料电池堆），它的每一个基本单元由板状电极、电解质以及隔膜层叠而成（图 4.1）。



(a) 基本单元



(b) 堆

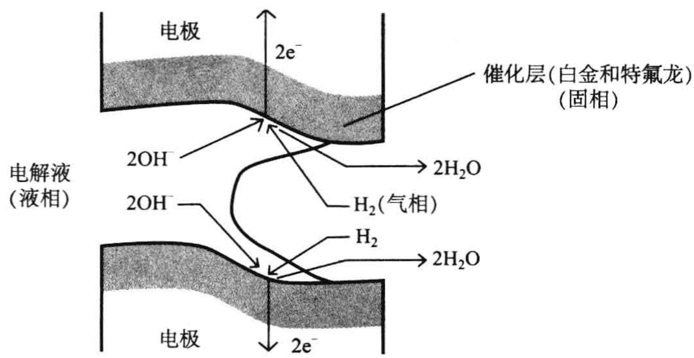
●图 4.1 燃料电池的结构

要制造出几百张一个孔都没有、每张有几十厘米的方形薄电极，需要很高的制造技术。

像这样要克服诸多的课题将它实用化还需要很长的时间。

保持三相界面

为了让电池反应顺利进行需要保持如图 4.2 所示的三相界面。此图是在电池负极进行反应时的印象图，为了使电子化学反应顺利进行，必须要让电极表面的催化层（固相）、氢气（气相）、电解液（液相）这三相共存。也就是说要使电极反应在固体电极（催化剂）和液体的界面顺利快速地进行，向催化剂电极上供应气体活性物质氢气、从电解质溶液中供应离子、电子向集电体移动都必须要相当快速且顺利地进行。在正极同样要保持三相界面，这一点也很重要。曾经要保持这种状态几万个小时是非常困难的，自从特氟龙这种防水性材料出现后，电极就可以不被打湿，保持这种状态就成为了可能（图 4.2）。



●图 4.2　三相界面模型

第5章

物理电池


5.1 太阳能电池
带那些东西……
为什么？
让我们一起来将博物馆打扫一下吧！
啊？
我昨天说过，我们绝对不希望看到博物馆关门！
我的心情也一样，
因此，请让我们来帮忙给博物馆招揽客人！

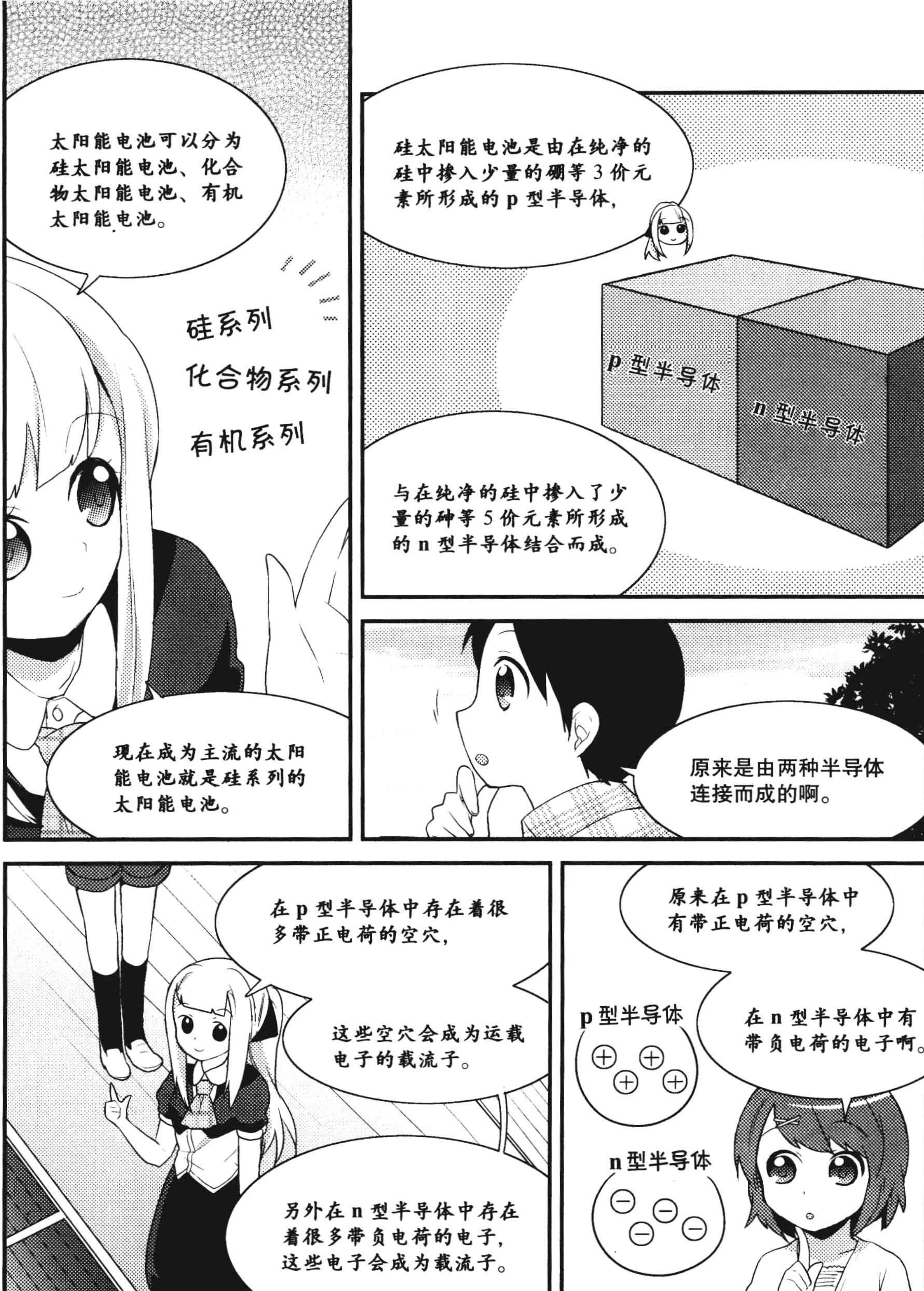

嘎吱
嘎吱
并且我要修理玩具！
你们……
我要做一个电池博物馆的主页。
虽然我做不出一个非常出色的网页，但是我觉得总比没有好吧。
虽然我只有这个特长，
但是可以吸引孩子们过来吧。
电池博物馆主页
嗖
谢谢……

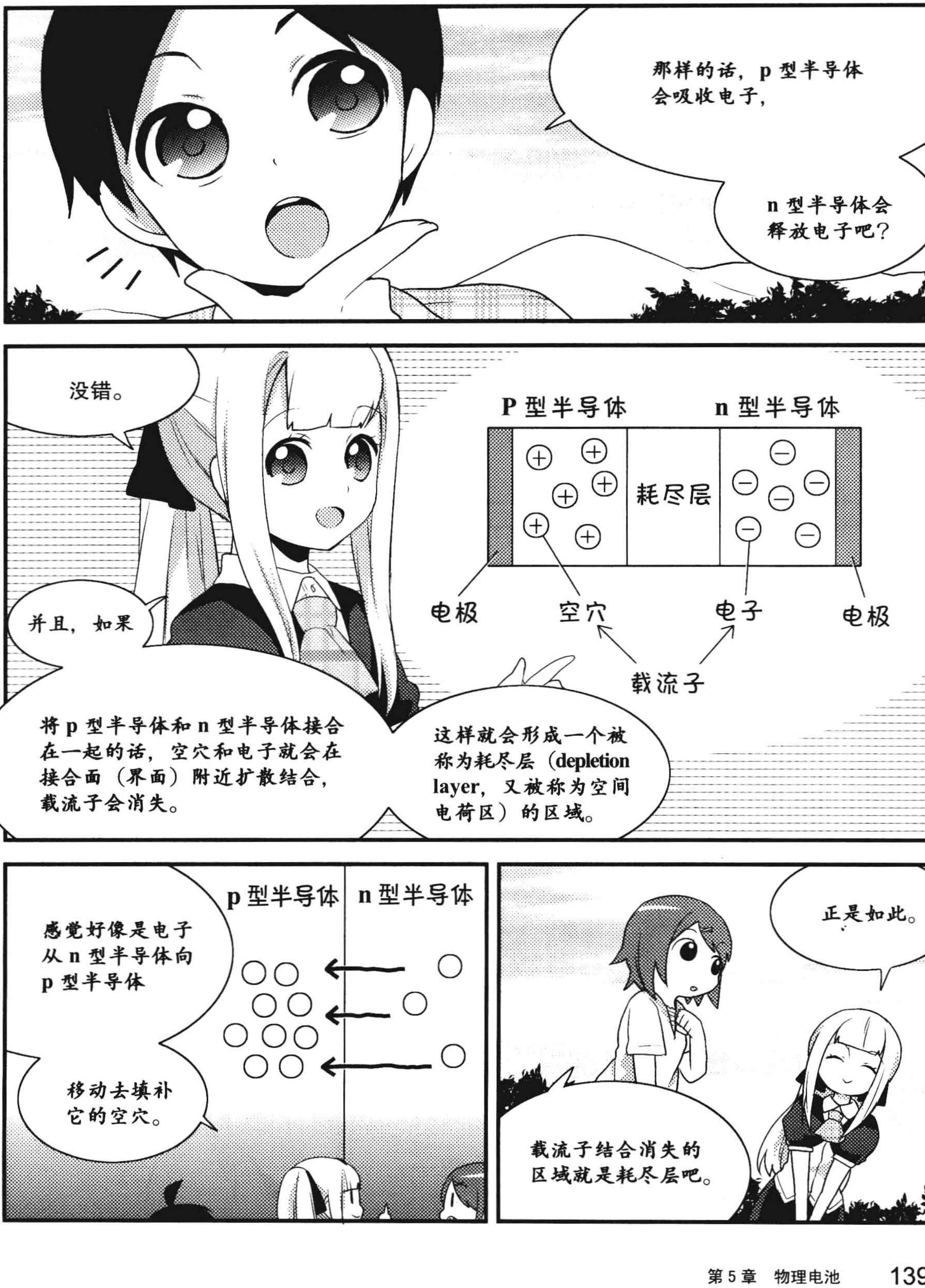

哇，
这么多的爬山虎，都爬到这里来了。
要想办法把这些爬山虎弄掉，它们使这个屋子看起来像鬼屋一样。
都到这里了，很难弄掉，我也是束手无策啊……
这是什么？
太阳能电池。


这么一说我倒想起来了，之前一直都在讲化学电池，
还没有讲过物理电池呢。
物理电池是什么？
物理电池是指将光能、热能直接转换为电能的电池。
这个太阳能电池、热电池、核电池之类的就属于物理电池。
除此之外还有利用电化学现象提取电能的
双电层电容器。
物理电池是如何制造电能的呢？
那么让我来讲讲太阳能电池吧。


太阳能电池是利用光电动势效应（又名光电效应，
当太阳光照射到物质上时就会产生电子）来产生电的，
它也被称为光电池。
光
电
光电动势效应
在我家的屋顶就安装了太阳能电池系统。
没错，
还有在人造卫星上也装有太阳能电池哦。
太阳能电池板
人造卫星
有时在电子计算器和手表上也装有太阳能电池吧。
4649
12:34

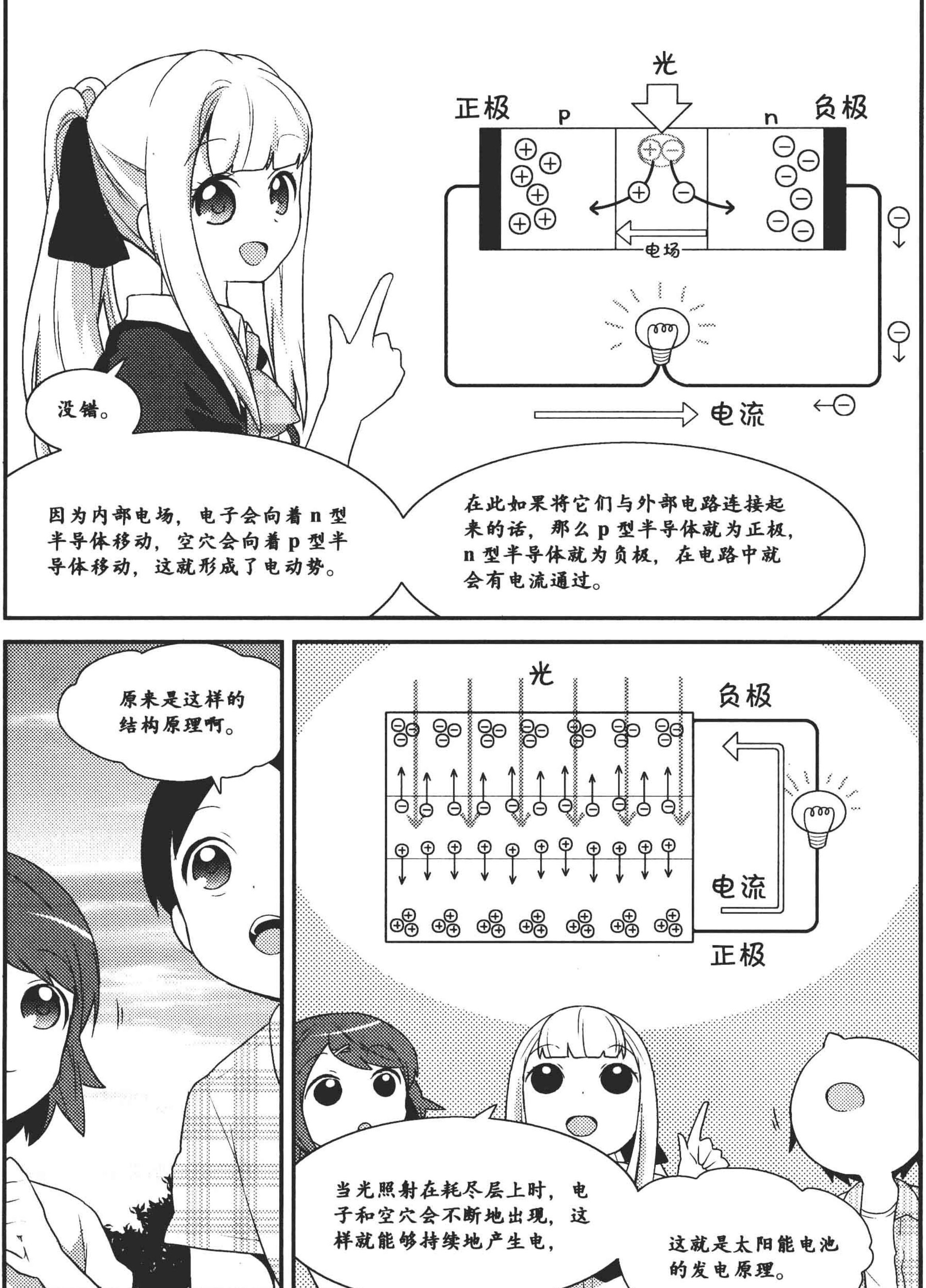

白天
黑夜
二次
电池
太阳能电池在晚上不能产生电，
但是如果把它白天所发的电储存在二次电池中的话，在晚上也能用电了。
原来如此！
今后有望将太阳能电池和锂离子电池组合起来，
让它们成为住宅等地方的电源并供夜间照明。
但是如何将光能转换为电能呢？
闪闪发光
那么，让我来
说说太阳能电池的结构原理吧。
这是什么？

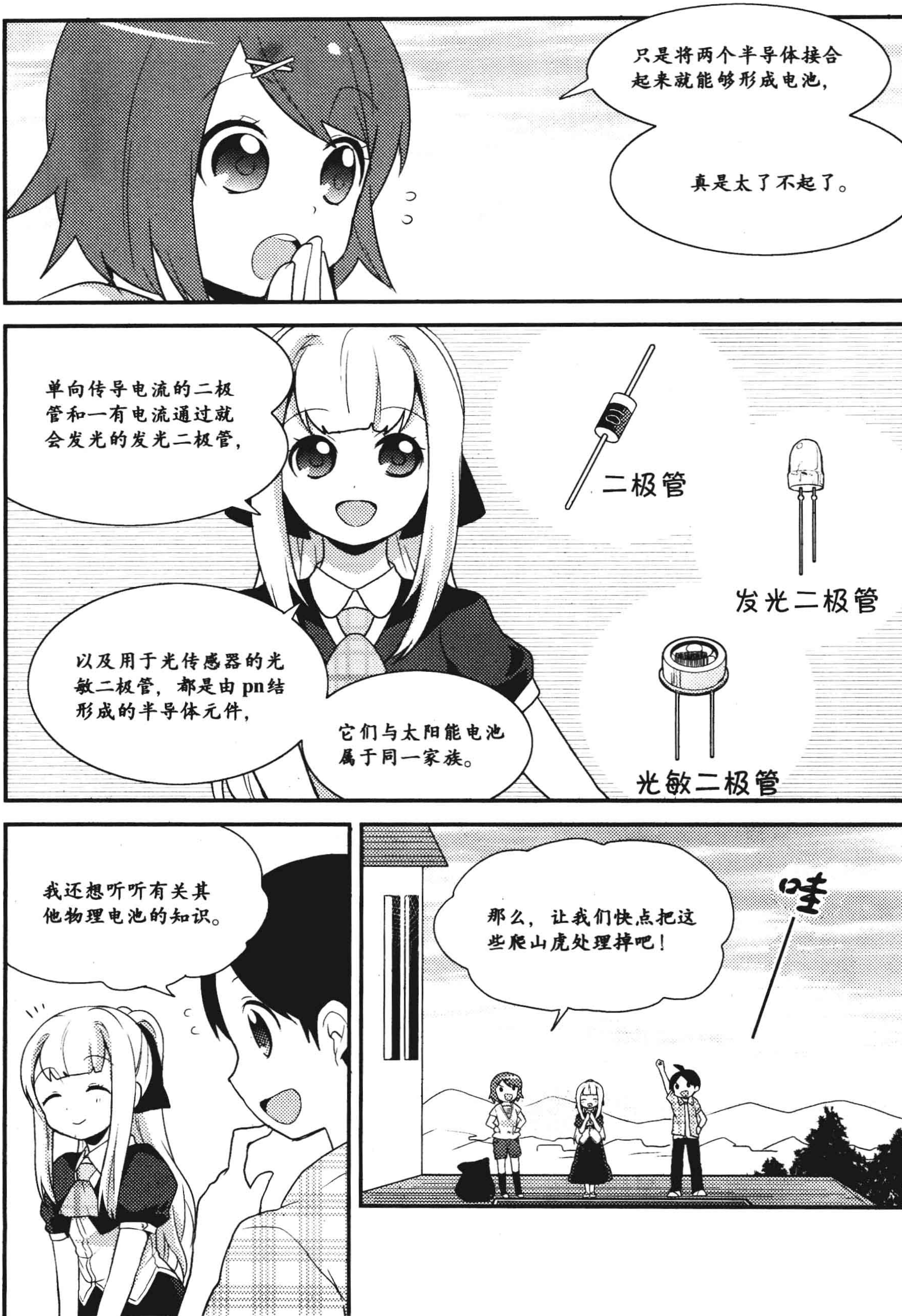

太阳能电池可以分为硅太阳能电池、化合物太阳能电池、有机太阳能电池。
硅系列
化合物系列
有机系列
现在成为主流的太阳能电池就是硅系列的太阳能电池。
硅太阳能电池是由在纯净的硅中掺入少量的硼等3价元素所形成的p型半导体，
p型半导体
n型半导体
与在纯净的硅中掺入了少量的砷等5价元素所形成的n型半导体结合而成。
原来是由两种半导体连接而成的啊。
在p型半导体中存在着很多带正电荷的空穴，
这些空穴会成为运载电子的载流子。
另外在n型半导体中存在着很多带负电荷的电子，这些电子会成为载流子。
原来在p型半导体中有带正电荷的空穴，
p型半导体
n型半导体
在n型半导体中有带负电荷的电子啊。



那样的话，p 型半导体会吸收电子，
n 型半导体会释放电子吧？
没错。
P 型半导体
n 型半导体
耗尽层
电极
空穴
电子
电极
载流子
并且，如果
将 p 型半导体和 n 型半导体接合在一起的话，空穴和电子就会在接合面（界面）附近扩散结合，载流子会消失。
这样就会形成一个被称为耗尽层（depletion layer，又被称为空间电荷区）的区域。
p 型半导体
n 型半导体
感觉好像是电子从 n 型半导体向 p 型半导体
移动去填补它的空穴。
正是如此。
载流子结合消失的区域就是耗尽层吧。


另外，如果将光照射在太阳能电池上，光能就会到达耗尽层。
带负电荷
带正电荷
由于带电产生电场
那样的话，因为结合而消失的电子和空穴会受到激发而再度出现，
这就是刚开始提到的光电动势效应。
电子一出现就会移动，
就会产生电流！
你的理解能力很强哦。
当产生耗尽层时，p 型半导体因为吸收了电子会带上负电荷，
n 型半导体因为释放了电子会带上正电荷。
如果半导体带电的话，
因为光电动势效应而产生的电子也会移动吧。

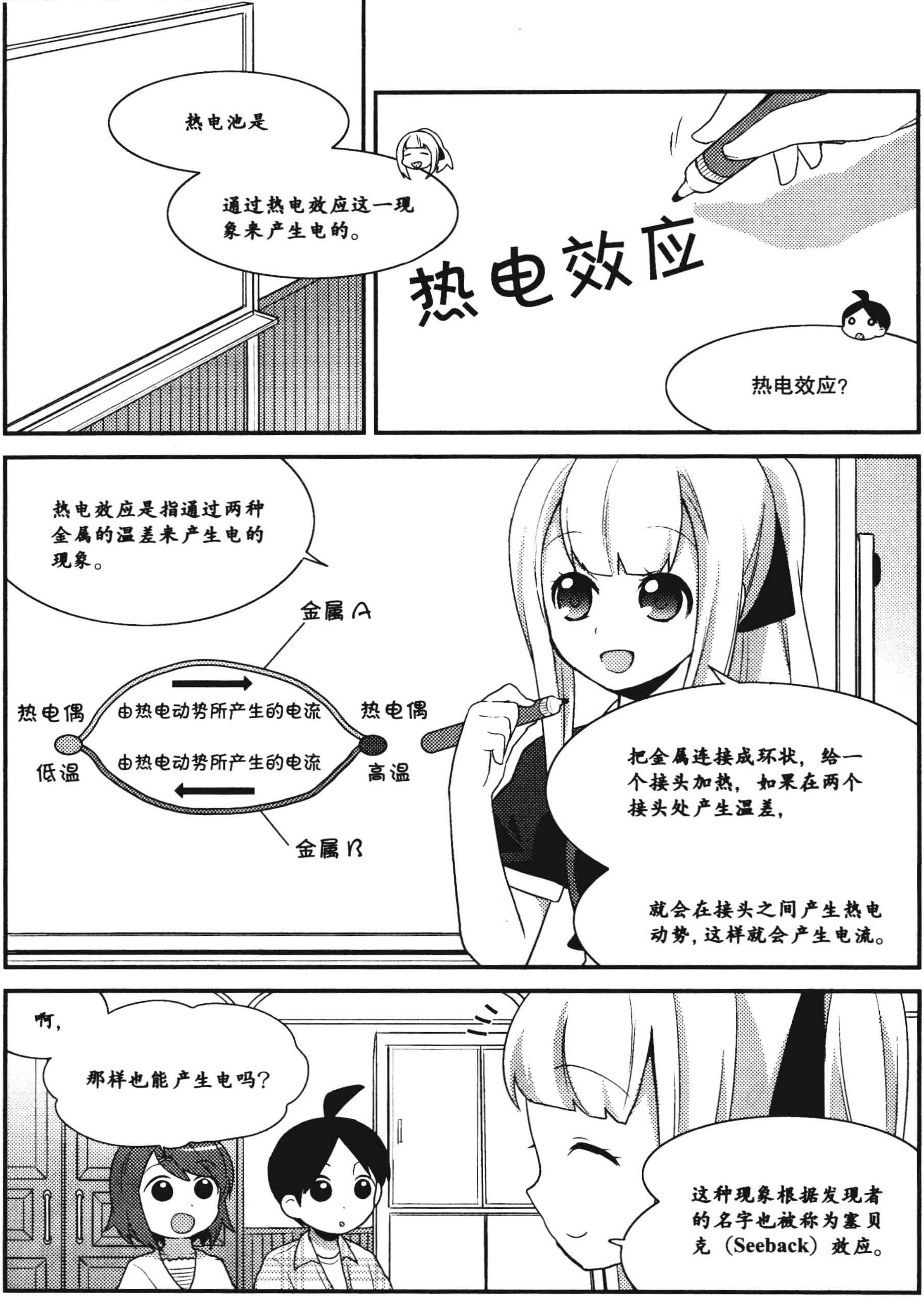

光
正极
p
n
负极
电场
电流
没错。
因为内部电场，电子会向着n型半导体移动，空穴会向着p型半导体移动，这就形成了电动势。
在此如果将它们与外部电路连接起来的话，那么p型半导体就为正极，n型半导体就为负极，在电路中就会有电流通过。
原来是这样的结构原理啊。
光
负极
电流
正极
当光照射在耗尽层上时，电子和空穴会不断地出现，这样就能够持续地产生电，
这就是太阳能电池的发电原理。

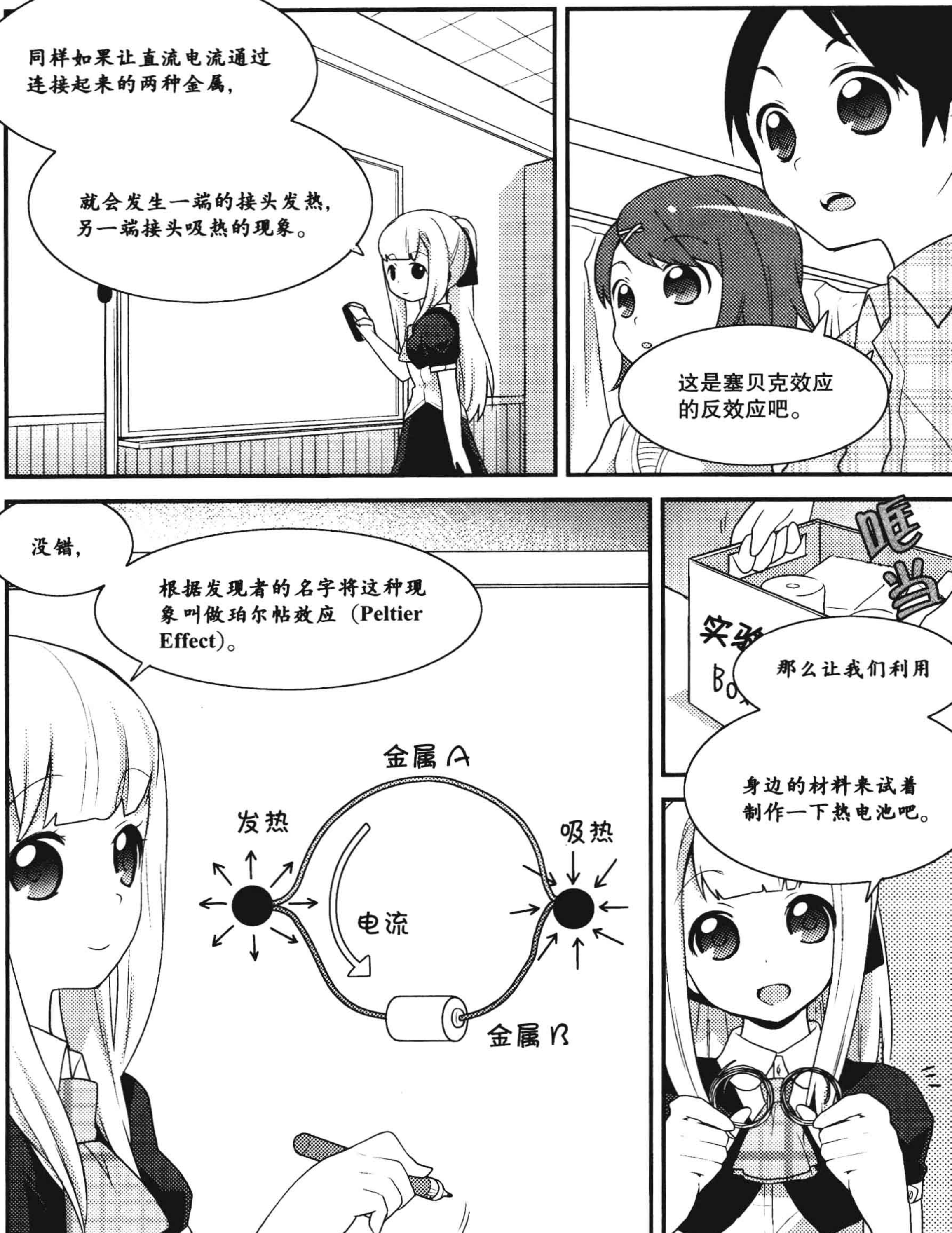

只是将两个半导体接合起来就能够形成电池，
真是太了不起了。
单向传导电流的二极管和一有电流通过就会发光的发光二极管，
二极管
发光二极管
以及用于光传感器的光敏二极管，都是由pn结形成的半导体元件，
它们与太阳能电池属于同一家族。
光敏二极管
我还想听听有关其他物理电池的知识。
那么，让我们快点把这些爬山虎处理掉吧！
哇

5.2 热电池的结构原理



还真是很累啊！
没想到有那么多的爬山虎。
喂，亚美……
精疲力竭
你不要紧吧！
啊哈
……对不起，我都累得半死了。
那是什么状态啊……
那么，现在
让我来
讲一下热电池吧。
踉踉
跄跄
你不要紧吧……


热电池是
通过热电效应这一现象来产生电的。
热电效应
热电效应？
热电效应是指通过两种金属的温差来产生电的现象。
金属A
热电偶
由热电动势所产生的电流
热电偶
由热电动势所产生的电流
低温
高温
金属B
把金属连接成环状，给一个接头加热，如果在两个接头处产生温差，
就会在接头之间产生热电动势，这样就会产生电流。
啊，
那样也能产生电吗？
这种现象根据发现者的名字也被称为塞贝克（Seeback）效应。

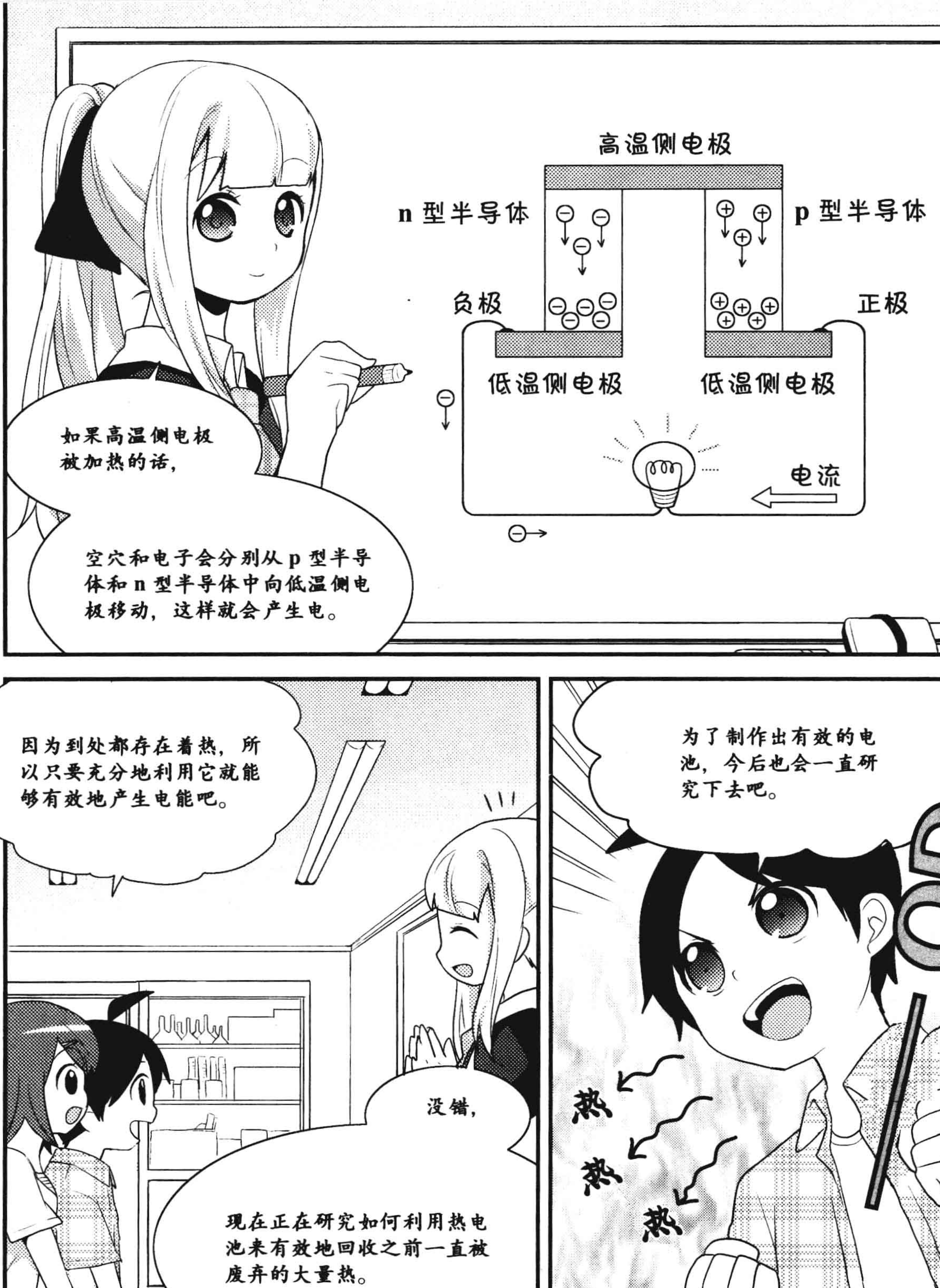


同样如果让直流电流通过连接起来的两种金属，
就会发生一端的接头发热，另一端接头吸热的现象。
这是塞贝克效应的反效应吧。
没错，
根据发现者的名字将这种现象叫做珀尔帖效应（Peltier Effect）。
金属A
发热
吸热
电流
金属B
哐当
那么让我们利用
身边的材料来试着制作一下热电池吧。

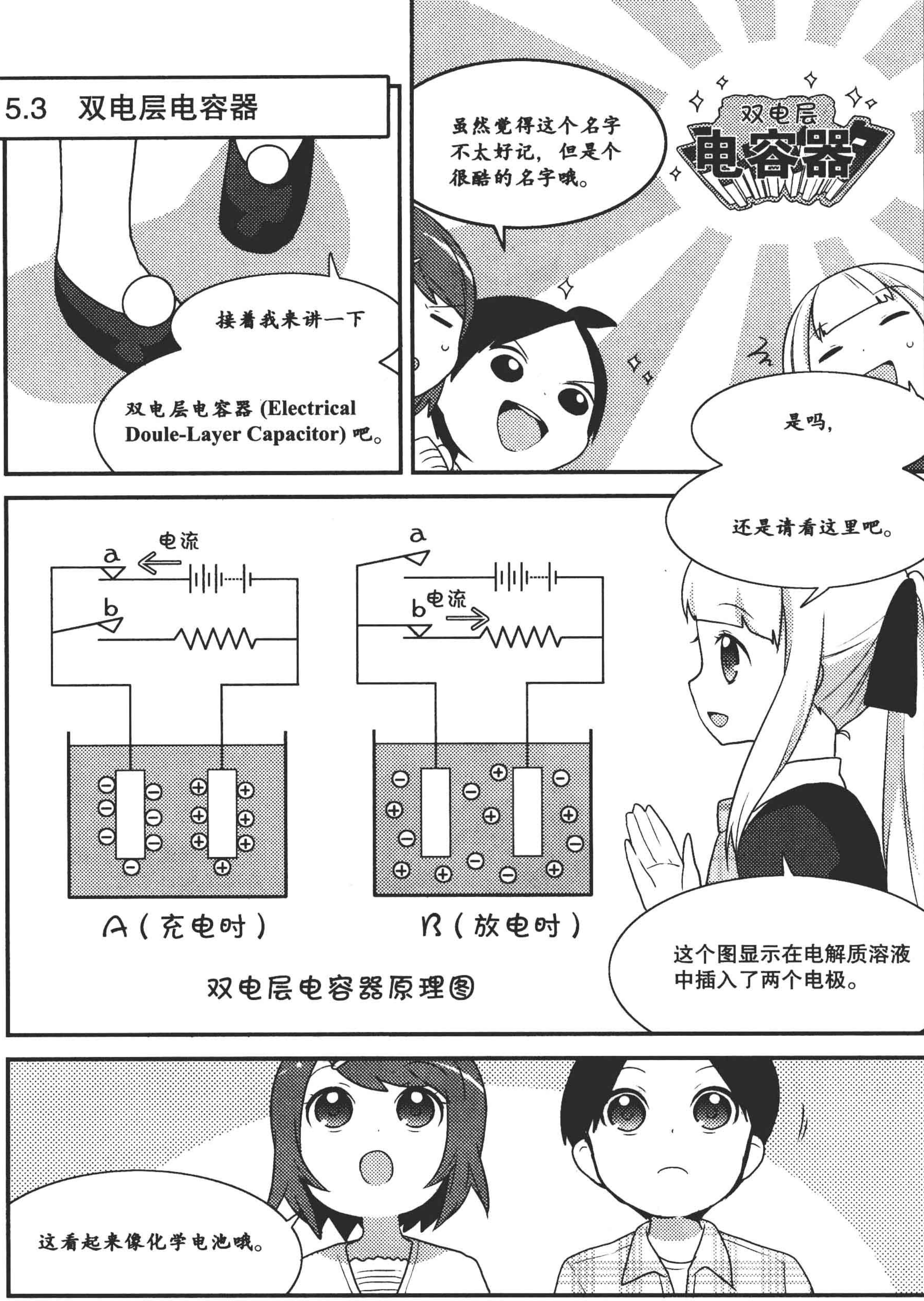

要使用的材料是镍铬电热丝和铜丝。
镍铬电热丝
铜丝
首先把这两根丝扭合在一起，
扭合
接着将它们连接到检测器上，以便确认是否产生了电动势真的有电流通过。
检测器准备一个能够测量小的直流电流的检测器就可以了。
接着只要把这个加热就可以了吗？
没错。
仅仅是这样就能够产生电，真是奇妙啊。



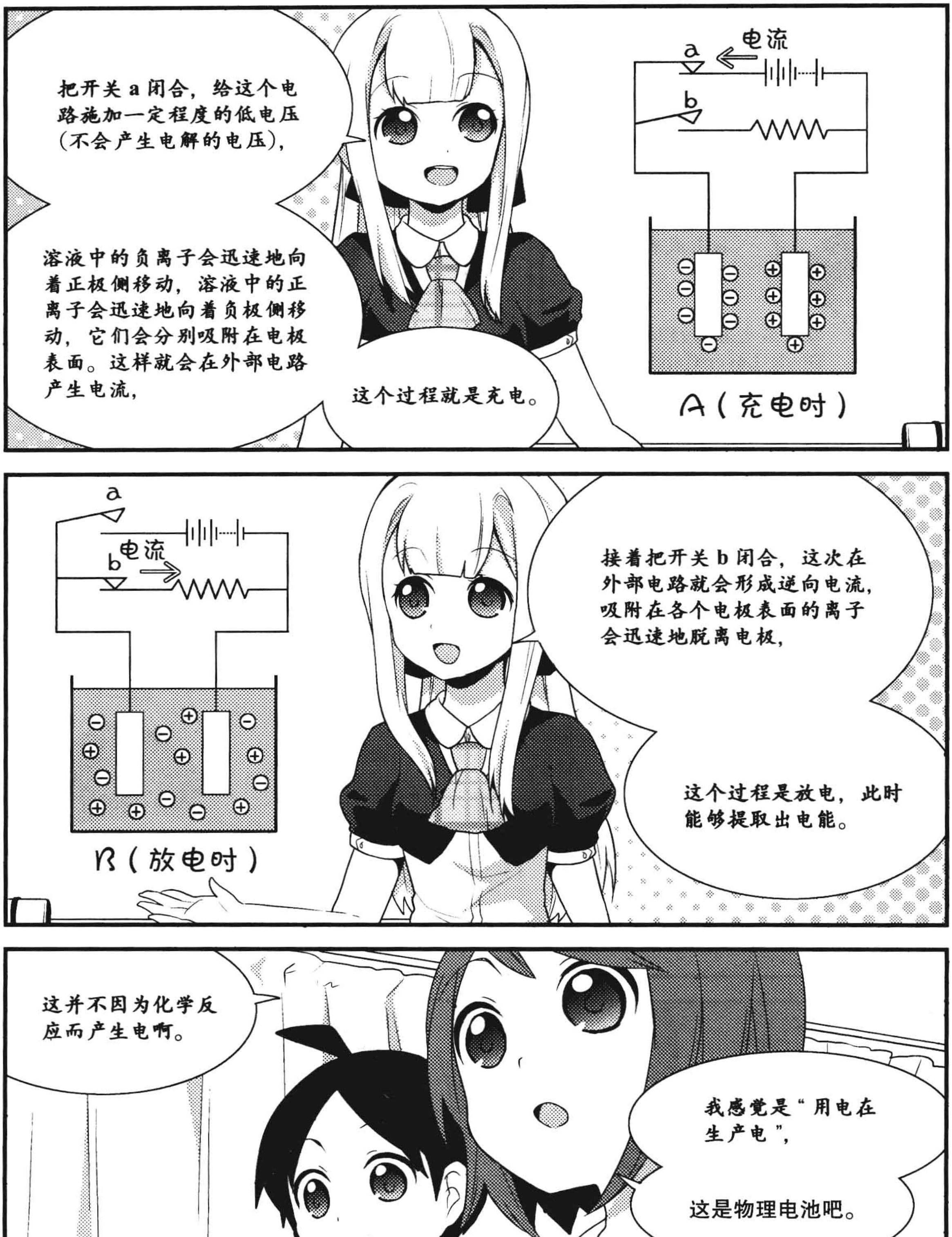
啊，
检测器的指针动了！
咔嚓
之所以会动是因为有电流通过吧。
正是如此。
正如你们现在所看的那样，如果两种金属发热形成温差，就会因为塞贝克效应产生电。
热电转换元件
利用被称为热电转换元件的半导体制作的热电池已经被推行使用了。
热电转换元件是由 p 型半导体和 n 型半导体构成的。
原来与太阳能电池一样啊。


高温侧电极
n 型半导体
p 型半导体
负极
正极
低温侧电极
低温侧电极
电流
如果高温侧电极被加热的话，
空穴和电子会分别从 p 型半导体和 n 型半导体中向低温侧电极移动，这样就会产生电。
因为到处都存在着热，所以只要充分地利用它就能够有效地产生电能吧。
没错，
现在正在研究如何利用热电池来有效地回收之前一直被废弃的大量热。
为了制作出有效的电池，今后也会一直研究下去吧。
GO
热
热
热

5.3 双电层电容器



接着我来讲一下
双电层电容器 (Electrical Doule-Layer Capacitor) 吧。
虽然觉得这个名字不太好记，但是个很酷的名字哦。
双电层
电容器
是吗，
还是请看这里吧。
电流
a
b
a
b
电流
A（充电时）
B（放电时）
双电层电容器原理图
这个图显示在电解质溶液中插入了两个电极。
这看起来像化学电池哦。


把开关 a 闭合，给这个电路施加一定程度的低电压（不会产生电解的电压），
溶液中的负离子会迅速地向着正极侧移动，溶液中的正离子会迅速地向着负极侧移动，它们会分别吸附在电极表面。这样就会在外部电路产生电流，
这个过程就是充电。
电流
a
b
A（充电时）
a
b
电流
B（放电时）
接着把开关 b 闭合，这次在外部电路就会形成逆向电流，吸附在各个电极表面的离子会迅速地脱离电极，
这个过程是放电，此时能够提取出电能。
这并不因为化学反应而产生电啊。
我感觉是“用电在生产电”，
这是物理电池吧。

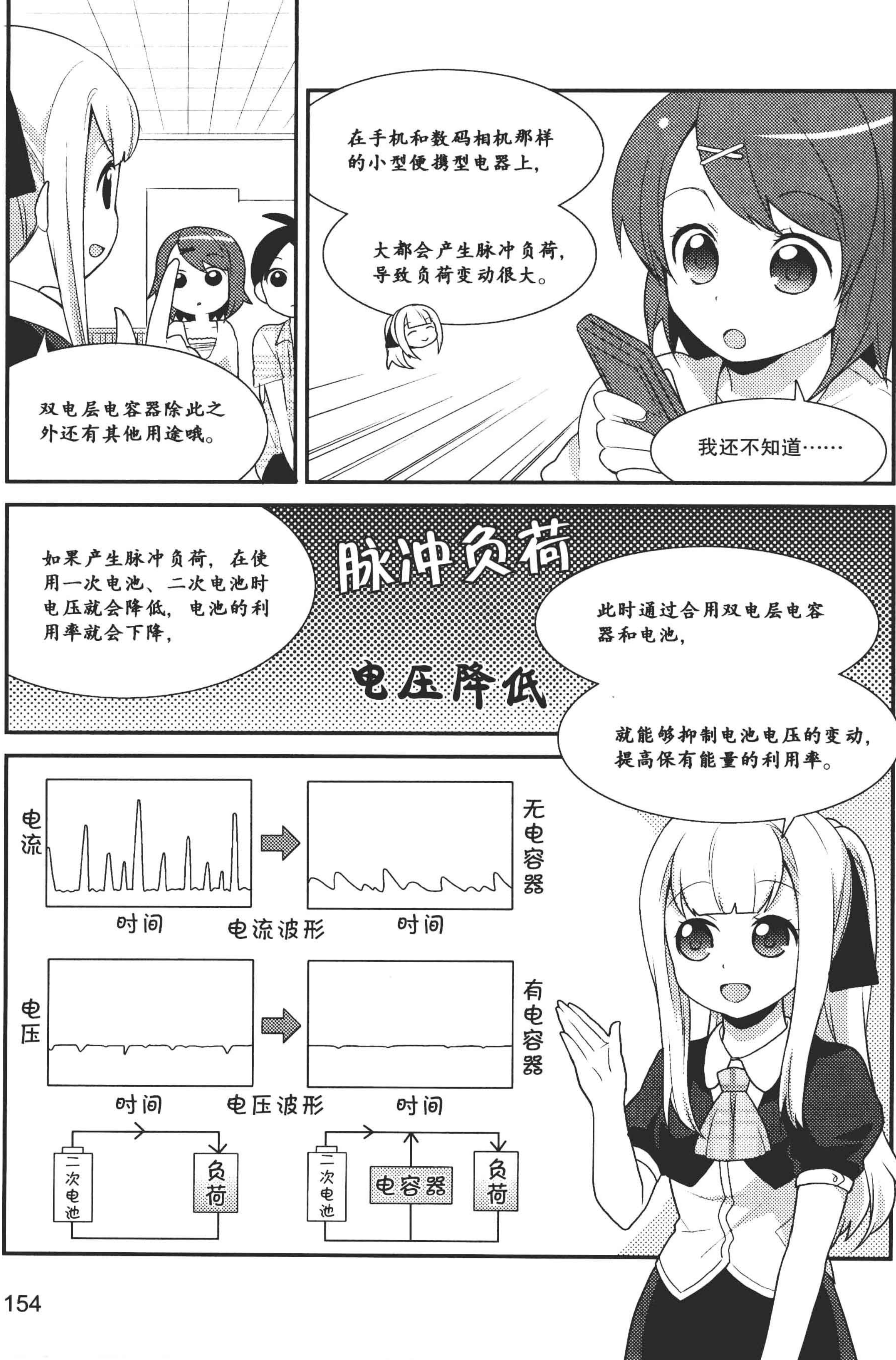


没错，
你们两个人都很懂电池哦。
利用了刚才所说明的物理现象的电池就是双电层电容器。
它是于 1957 年由美国通用电气公司（General Electric Company，GE）
的 Beeker 和 Ferry 发明的，1987 年日本领先于世界将它量产化。
电解液种类
硫酸水溶液
有机电解液
基本单元（硬币形单元）
集电体（导电性集电电极）
分极性电极（活性炭+硫酸水溶液）
密封圈衬垫（密封用合成橡胶）
隔膜（多孔性有机胶片）
盖子+端子
活性炭电极
密封圈衬垫
外壳端子
隔膜
层叠型
外壳
基本单元
绝缘壳
汇流排
端子（接口板引脚）
外壳
绝缘壳
硬币形单元
端子
因为吸附在电极上的离子数量越多就能够提取越大的电能，所以利用了表面积大的活性炭作为电极材料。
让它与黏合剂掺合在一起将它们涂抹在集电体上所形成的东西和小球状的东西会成为正极、负极。
与化学电池不同的是它的正极和负极都使用了相同的材料，
它并不是利用离子化倾向的差别来产生电的。



其电解液一般使用将高氯酸四乙基铵$((C_2H_5)_4NClO_4)$等电解质溶入硫酸或碳酸丙烯酯等有机溶剂中所形成的电解质溶液。
前者虽然便宜，但是其耐电压能力(电压使用范围)低，这是一个难点。
后者虽然耐电压能力高，但是因为使用了有机物，所以成本高。
它们各有长短啊。
双电层电容器比一般电池的能量密度低，但是因为它不像化学电池那样依靠化学反应而是利用了物理现象，
所以具有使用寿命长、反应速度快的特点。
在什么东西上使用了双电层电容器呢？
首先被推行使用的是硬币形双电层电容器，一般都被用作各种电器的定时器的记忆支持电源。这个在现在也经常被使用。
在手机上也安装了双电层电容器。


大都是被用在小型东西上吧？
未必哦！
通过把电容器大型化可以将它利用到动力辅助、
稳定负荷变动、降低高峰电力、保持能量、能量再生、储存能量、驱动负荷等方面，现在一直都在进行这方面的研究，
并且有一部分功能已经被推行使用了。
原来正在研究如何将它利用到大型机械中啊。
是啊。
例如，在建设机械等方面，之前要提高油压机和引擎的效率是不可能的，这样会使燃料成本大幅度地增加，
现在正在推行使用可以实现低噪声、搭载了电容器的混合动力液压挖掘器。
车身旋转
引擎加速
电动辅助
旋转电动机
通过装载作业时的旋转回收减速时产生的能量
逆变器
发电电动机
把电容器放出的电用于辅助引擎加速
引擎
电容器
可以迅速有效地储电、放电


在手机和数码相机那样的小型便携型电器上，
大都会产生脉冲负荷，导致负荷变动很大。
双电层电容器除此之外还有其他用途哦。
我还不知道……
如果产生脉冲负荷，在使用一次电池、二次电池时电压就会降低，电池的利用率就会下降，
脉冲负荷
电压降低
此时通过合用双电层电容器和电池，
就能够抑制电池电压的变动，提高保有能量的利用率。
电流
时间
电流波形
时间
无电容器
电压
时间
电压波形
时间
有电容器
二次电池
负荷
二次电池
电容器
负荷


双电层电容器
+
电池
今后随着电子器械性能的提高、速度的加快，脉冲负荷会越来越多，
所以将会把具有低阻抗的双电层电容器与电池合用，
还会考虑将它安装到更多的便携型电器上。
电池从很久以前就有了，现在还在不断地进步吧。
没错哦，
电池就是人类技术的结晶，是人类开创未来的希望！
这也太夸张了吧……
不夸张哦！
闪闪发光
闪闪发光

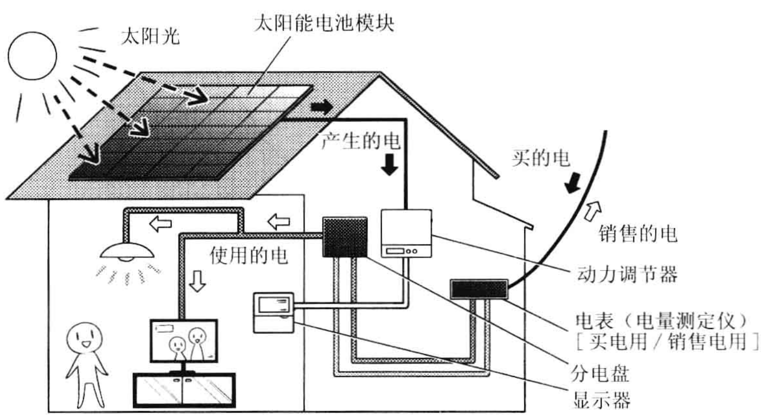

是啊，
外面的爬山虎已经清除掉了，接着要打扫馆内！
电池这么有趣，我一定要让其他人也知道！
真的很感谢你们俩。
我要准备修理玩具。
灵活
迅速
也可以在主页上宣传一下小达的玩具修理工厂吧？
喂，
一起努力吧！

补充说明

销售在家庭生产的电

太阳能发电是指利用太阳能电池直接将太阳能转换为电能，在发电时不会排出引起温室效应的 CO_2 气体，是一种环保型发电方式。

在日本从 20 世纪 90 年代开始将太阳能发电系统推广普及到一般家庭住宅（图 5.1）。它由太阳能电池模块、动力调节器（Power Conditioner）及电表等构成，利用设置在屋顶的太阳能电池模块发电，可以将它用作电灯和万能插口的电源。



●图 5.1　一般住宅的太阳能发电系统

太阳能电池把光能转换为电能的效率（光电转换效率）可以通过

转换效率 = 输出电能 ÷ 照射的光能 ×100%

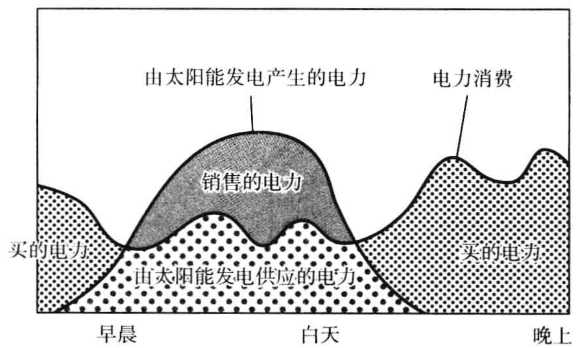
求得。太阳光的光能为每平方米约 1000W。例如，当 1000W 的太阳光能照射在 $1m^2$ 的太阳能电池模块上时，假设输出的电能为 150W，则转换效率为

150÷1000×100=15%。

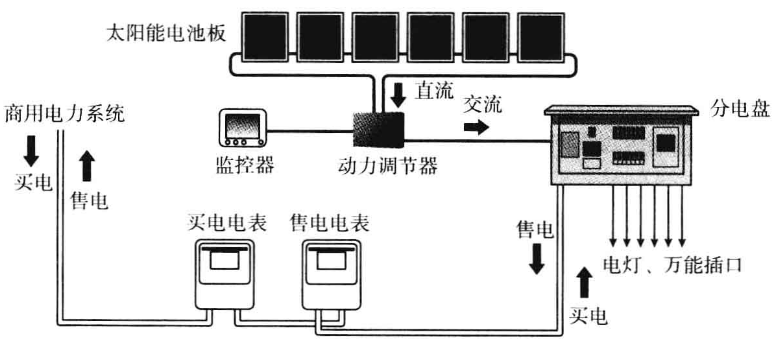
现在普及的住宅用太阳能电池模块的转换效率约为17%，不过现在也在开发普及转换效率超过20%的太阳能电池模块。

可以通过动力调节器这一装置将太阳能电池所产生的直流电转换为与商用电源相同的交流电，然后将它作为家中的电灯和各种电器的电源而加以利用。

当晚上和因天气不好发电量少时，单靠太阳能发电并不能彻底地支撑家庭用电需求，所以一般会采取与电力公司的配电系统连接的方式（图5.2）。其方法为：当太阳能发电所产生的电力不足时，向电力公司购买电力以补充不足部分，另外在电力消费量较少的时间段，让剩余的电力逆流到电力公司的配电系统，让电力公司买进这些剩余电力。我们将这种方式称为“并网接入”（grid connection）※（图5.3）。



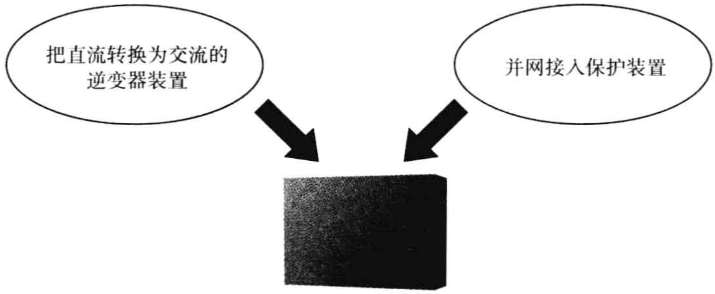
●图5.2　每天的电力消费量和由太阳能发电所产生的电力



●图5.3　太阳能发电系统的电流程

※因为与配电系统连接，所以叫做“并网接入”（日语直译为“连系”）。

在太阳能发电系统中，为了实现并网接入，需要让动力调节器调节后所得到的交流电的电压、频率以及波形等与商用电力一样，另外还要使发电所产生的电与配电系统同步，以免给商用电力的品质带来不良影响（图 5.4）。



●图 5.4　动力调节器的作用

太阳能发电系统的监控器（显示器）能够显示出当前的发电量、用电量、售电量、电力自给率等各项指标（图 5.5）。

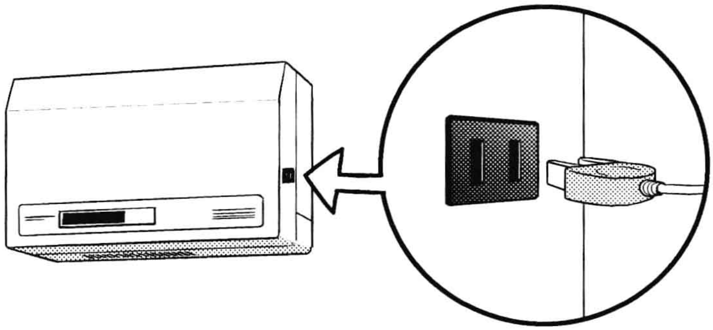


（提供：东芝）

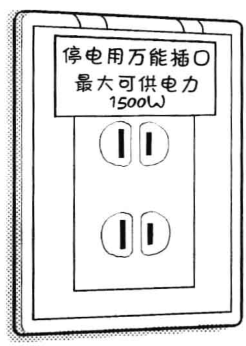
●图 5.5　监控器（显示器）

如果在并网接入状态下，正在运行太阳能发电系统时商用电力系统停电的话，以商用电源驱动的动力调节器就会停止运行，因此就不能用电了。此时只要手动将系统切换为自运行，就能够使用停电用万能插口。

这个万能插口被设置在动力调节器的侧面和室内的墙壁等位置（图 5.6，图 5.7）。



●图 5.6　安装了停电用万能插口的屋内动力调节器

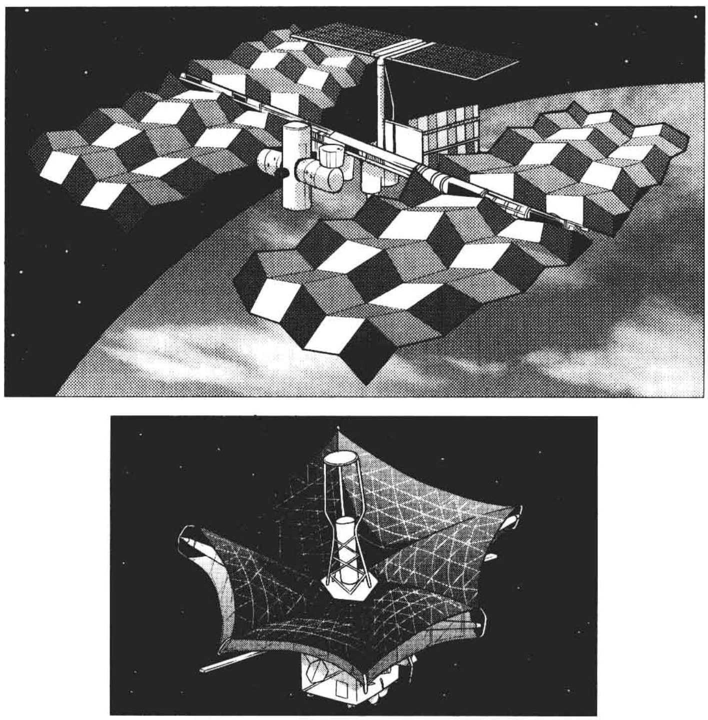


●图 5.7　停电用万能插口（墙壁面）

要引进太阳能发电系统，最初需要 200 万日元左右（2012 年 3 月）的高额费用。但是引进后，几乎不需要维护，能够长期为我们生产出清洁的电能。

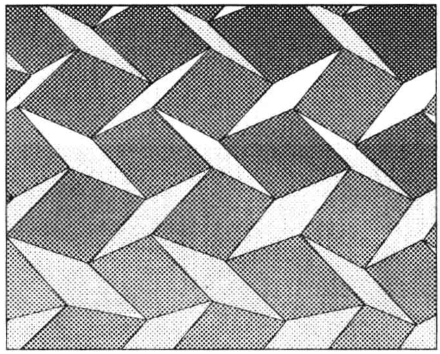
宇宙空间的太阳能电池板和三浦折叠法

“三浦折叠法（miura-ori）：注册商标”（可展双波形面）是用于折叠面积较大的薄板状物体的技术。利用这种技术可以将大的太阳能电池板和大型宇宙天线折叠小后将它们装载在火箭上发射到宇宙空间，当它们到达宇宙空间后再将它们展开（图 5.8）。



●图 5.8　宇宙空间的太阳能电池板

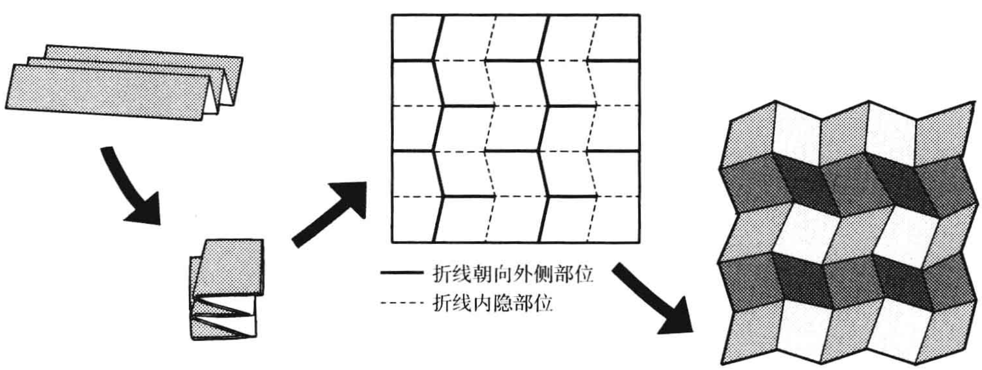
这种技术是三浦公亮（东京大学名誉教授）在研究人造卫星电池板展开技术的过程中发明的，是由 4 个平行四边形重复构成的独特的折叠方法。三浦折叠法不仅被用在卫星的太阳能电池板上，还被利用到其他领域（图 5.9）。



●图 5.9　由 4 个平行四边形重复构成的三浦折叠法

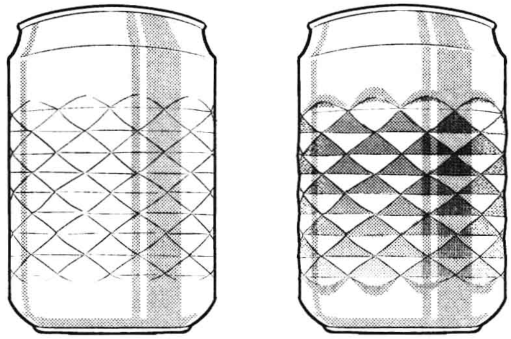
如果用三浦折叠法折叠地图，只要持被折叠好的小的地图的对角线部分左右拉一下，瞬间就能够将地图展开，并且它的折叠方法很简单。

因为采用这种折叠方法，折线重合处会略微偏移，所以具有如下特点：体积小，折线朝向外侧和折线内隐部位不会轻易地翻转，即使多次打开关闭也不会破裂（图 5.10）。



●图 5.10　三浦折叠法打开关闭时的状态

三浦折叠法也被应用于铝罐和无钉防滑轮胎（Studless Tire）之中（图 5.11）。

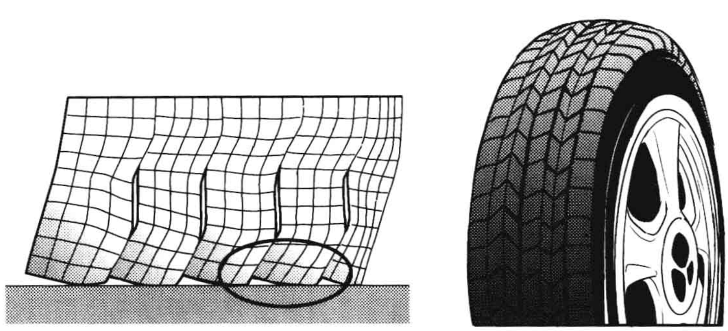


●图 5.11　钻石菱角铝罐 打开前（左）和打开后（右）

普通的铝罐在被打开之前，凭借其内部压强能够保持它的强度，但是在被打开之后，其内压会弱化，强度会降低，因此就开发出了在开罐时会呈现出连续的钻石形凹凸纹（三浦折叠法）的铝罐。由于凹凸纹的出现，这种铝罐抵抗侧向受力的强度增加，并且更容易将它握稳。这也应用到了三浦折叠法技术。这种钻石菱角纹是由研究圆柱形破坏理论的吉村庆丸（当时的东京大学教授）所设计的，所以又被称为“吉村图案”。

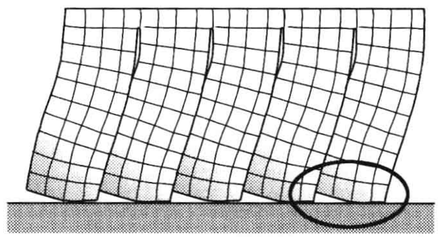
在无钉防滑轮胎的缝隙处（胎纹沟）也使用了三浦折叠法技术。这个胎纹沟也被称为“三浦折叠法胎纹沟”，它可以控制轮胎的花纹块倾斜，增加轮胎的接地面积，从而发挥轮胎橡胶所拥有的防水效果，减少轮胎晃动和偏磨耗。

因为各个花纹块的左侧不会显露出来，所以与地面的接触面积增加（图 5.12）。



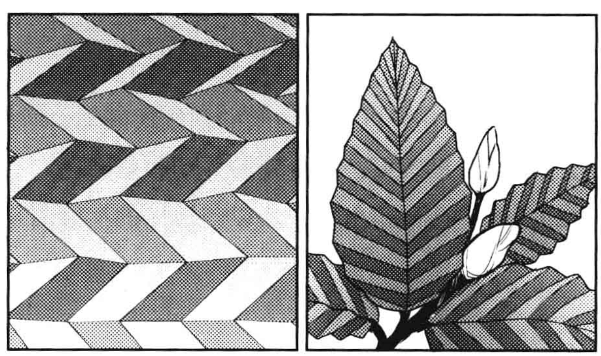
●图 5.12　采用了三浦折叠法胎纹沟的轮胎

因为各个花纹块的左侧会显露出来，所以与地面的接触面积减少（图 5.13）。



●图 5.13　没有采用三浦折叠法胎纹沟的轮胎

像这样，正在各种地方被使用的三浦折叠法还有可能被用于其他各个领域（图 5.14）。



●图 5.14　在自然界中的三浦折叠法：植物的叶子

核电池※

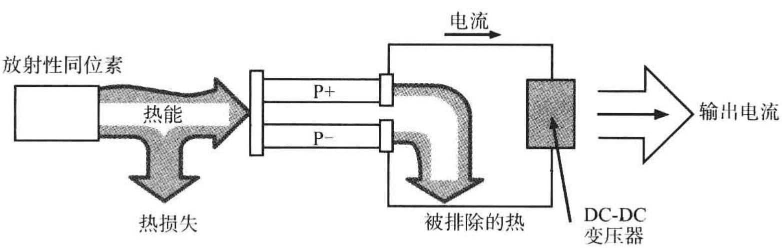
核电池是物理电池的一种，这种电池的结构原理是将放射性同位素（radioisotope）

※ 核百科事典 ATOMICA：出自（http://www.rist.or.jp/atomica/）。

的原子核衰变时所产生的能量转变为电能，因此又将它叫做放射线电池、放射性同位素电池（RI）、同位素电池、RI 发电器等。使用的放射性同位素之前为 ^{144}Ce（铈）、^{242}Cm（锔）、^{90}Sr（锶）等，但是现在几乎都使用 ^{238}Pu（钚，半衰期：87.74 年）。20 世纪 60 年代初期在太空上开始利用核电池，到 70 年代后期几百瓦级的核电池被开发出来。如果利用半衰期长的放射性同位素，核电池就会发挥出其能够长期稳定地供应能量的特点，成为探测不能利用太阳能电池的深太空等宇宙空间的探测器必不可少的电源。

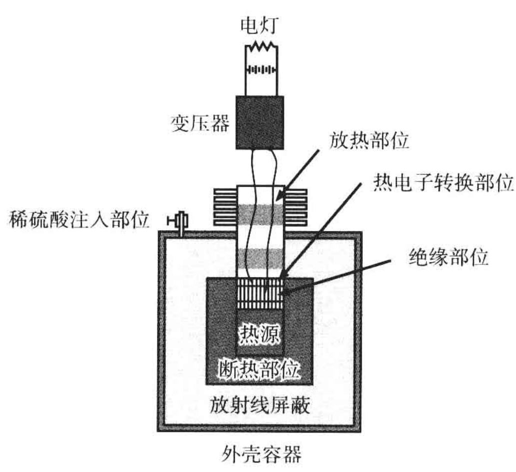
■ 原理和种类

放射性同位素衰变时释放出的 α 射线、β 射线所拥有的能量一被物质吸收就会转变为热能，利用保温材料将此热能包覆起来的话就能够得到高温，因此使用热电转换元件利用此高温与外部气温的温差就能够依靠热电动势使这种电池工作（参照“热激活储备电池”内容）。我们将这种方式叫做热电转换方式（热电式）（图 5.15），热能通过 pn 结半导体被转换为电能。图 5.16 是该种电池的结构。



（小林昌敏著《放射线的工业利用》幸书房（1977））

●图 5.15　热电式核电池的原理



（小林昌敏著《放射线的工业利用》幸书房（1977））

●图 5.16　热电式核电池的结构

另外，还包括热离子转换方式、碱性金属热转换方式、压电转换方式、光电转换方式等，不过这些方式都还没有被推广使用，现在的主流还是热电转换方式。

■ 适用领域

●宇宙探测器

从 20 世纪 60 年代起，核电池开始被安装在人造卫星上。但是它存在着一定的风险，如果卫星发射失败或者卫星坠落，放射性物质就会散布到地球上。现在在太阳光能够充分地照射到的地球轨道周边一般都使用太阳能电池。搭载在阿波罗 12 号上的核电池被设置在了月球表面用作观测地震用的电源。另外，它还被用作载有机器人的火星探测飞船，以及深入到木星、土星、冥王星和更远行星的深空探测器的电源。1997 年秋，在以探测环土星卫星为目的的“卡西尼——惠更斯计划”中所发射的探测器“惠更斯号”上装置了 3 个核电池。

其主要结构部位由覆盖着结实的屏蔽层且含有放射性同位素 ^{238}Pu 的热源、Si-Ge 热电转换元件以及为了给热电转换元件提供温差的放热器组成。在其中心部位排列着 18 个模块，这些模块由能抗击强烈冲击的外壳保护着，10.7kg 的氧化钚（^{238}Pu）小片能够供应 4500W 左右的电。

●用于心脏起搏器等的电源

以 ^{238}Pu 为能量源的小功率核电池曾经被用作心脏起搏器的电源。要定期地更换植入人体内的心脏起搏器的电池，每次都需要进行手术，并且需要花费很高的费用。但是因为这样能够减轻患者的负担，所以在欧美曾经被用于很多患者身上。之后，由于寿命长的锂离子电池被开发出来，就不再使用核电池作为心脏起搏器的电源了。

●用于偏僻地方

在西伯利亚的北极海周围曾经使用过很多核电池。



玩具修理
好不容易把主页做好了，
可是还是没有客人来啊……
啊
不会来得那么快啦，
不过有些人看到这个主页后，肯定会来的。
哐当
哒哒
请帮我把玩具修一下！



你好
咔嗒
我在网页上看到这里能够修理玩具。
请交给我吧！
哐当
哐当
哇，
太了不起了！
电池的结构原来是这样的啊。


谢谢
谢谢
修好了。
哇啊！
谢谢！
你能不能告诉学校的朋友们让他们到这里来修理玩具？
当然可以！
太好了！
我会再来的！
真快啊，
你一会儿就修好了。
不，
那也并不是很难的事情。


几天后
哇啊
哇啊
好，
这样就没问题了，
不能再把它弄坏了哦。
好的，
谢谢你帮我修好它。
修理玩具
辛苦你了。
我一点儿都不觉得累，
果然与机械接触其乐无穷啊。


我今天已经修好了
10个人的玩具！
不过下个星期天
你有空吗？
我们俩像以前一样去
游泳吧？
你很受欢迎啊。
下个星期天？
我想应该没问
题吧……
哇啊！
喂，
你不是已经和我约好了，下
个星期天要和我一起去看电
影《伏特的一生》吗？
使劲地
什么!?
有那么回事
吗!?
你们两
个人？


我和你有那样的约会吗？
如果没有约好，那现在约吧。
可是你好像和由理也有约会哦，你必须要选择一个。
游泳，看电影，到底要选哪一个呢？
哼
哼
哎呀！
不……
下个星期天我必须要修理玩具！
电池博物馆

附　录

附录 1　用语解释 ※

标称电压	表示电池时所使用的电压。它与还没有使用过的电池的开路电压大致相同，它的值由 JIS 规定。
残存容量	电池中还残留的可以放电的容量。
充电	对于放电后的电池，利用外部电源给电池补充电量。具体做法为把电源的正极和负极端子分别与电池的正极和负极端子连接起来，给电池提供高于它的端子电压的电压（标称电压等）（恒压充电），或者在达到标称电压之前让恒流通过电池，使电池内部发生与其放电时相反的电子化学反应，让各个电极中的物质恢复其放电前的活性，使其恢复又能重新放电的容量。
充放电曲线	与充放电特性相同。
充放电特性	二次电池充电或放电时电压与时间的关系。
存放寿命	在电池处于未使用状态的温度和湿度条件下将它放置时，电池所规定的到达其最低限度容量的时间。
单电池	由 1 个电池单元组成的电池。
电池单元（unit cell）	构成电池的单元电池。作为电池它只是构成发电所需的组成材料，是半成品状态的电池。
电池组	由 2 个以及 2 个以上的电池单元所组成的电池组合。

※ 按汉语拼音字母顺序排列。

电动势
（电池电压）

化学电池是由如下所示的化学方程式（1）、（2）所表示的两种氧化-还原反应组合而形成的。在它的正极会发生还原反应（1），在它的负极会发生氧化反应（2），整个电池的反应可以用化学方程式（3）来表示。

$$正极：O_1+ne=\!=\!=R_1 \tag{1}$$

$$负极：R_2=\!=\!=O_2+ne \tag{2}$$

$$电池反应：O_1+R_2=\!=\!=R_1+O_2 \tag{3}$$

这里的 R_1、O_2 分别为还原反应生成物、氧化反应生成物，其反应系数很简单，均为 1。假设正极、负极的平衡电势分别为 E_1、E_2，各物质的活度（又叫活性度，activity）分别为 a_{O1}、a_{R1}、a_{O2}、a_{R2}，对于各电极，如下的能斯特（Nernst）方程成立。

$$E_1 = E_1^{o} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{a_{R1}}{a_{O1}} \tag{4}$$

$$E_2 = E_2^{o} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{a_{R2}}{a_{O2}} \tag{5}$$

这里的 E_1^0、E_2^0 分别为方程式（1）以及方程式（2）的逆反应 ($O_2+ne=\!=\!=R_2$) 所对应的标准电势，也就是反应物、生成物的活度为 1 时的标准氢电极的单极电势。R 为摩尔气体常量，F 为法拉第常量，T 为热力学温度。电池的电动势（电池电压）E_{cell}^0 是指平衡时正负两极之间的电势差，可以由式（4）减去式（5）所得到的下式来表示。

$$E_{cell} = E_{cell}^{o} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{a_{R1}\cdot a_{R1}}{a_{O1}\cdot a_{O1}} \tag{6}$$

$$E_{cell}^0 = E_1^0 - E_2^0 \tag{7}$$

E_{cell}^0 是电池的理论电压（理论电动势）。

额定容量	在规定的温度下以时率放电达到一定的终止电压时所能提取的保证放电容量，由 JIS 规定。
二次电池	放电后可以充电，能反复地被利用的电池。
放电	把负载与电池连接让电流通过。
放电持续时间	当在恒电阻或者恒流状态下让电池放电时，从放电开始直至其工作电压到达所规定的终止电压所持续的时间。如果为间歇性放电，则累加计算其净放电时间。
放电容量	电池实际放电时所能提取的电量或释放出的电量。
放电深度 (Depth of discharge , DOD)	在电池使用过程中，电池放出的容量占其额定容量的百分比。
浮充 (floating charge)	利用外部直流电源连续地给电池充电使其达到一定电压的方法。采用这种方法，电池会与电源线路并联地连接到负载电路上，它的电压大体上能够保持恒定，所以能够防止过充电。这种充电方式一般被用于防止瞬断的 UPS 电源(无停电电源)。
负极	带有 -（负极）符号的端子。是电子流出到外部电路的电极，在它与电解液的界面会进行氧化反应，也是电流从外部电路流入到达的电极。在电池领域一般不使用阴极这个词。
负极活性物质	引起电池负极发生起电反应的强还原性物质。一般使用锂、锌、铅等金属作为负极活性物质。

工作电压	电池在负荷状态时正负极之间的电压。当电池放电时，其工作电压比开路电压 E_{OCV} 低。假设电池所产生的电阻为 R，则可以用如下公式来表示这个工作电压。它也被称为闭路电压。 $$E=E_{OCV}-IR \quad (1)$$ I 是通过的电流，R 是整个电池的内部电阻（包括电池内部溶液的电阻等）、电池工作时的反应电阻、离子移动时的扩散电阻之和。
过充电	是指二次电池在充电时，在达到充满状态（充电终止电压）后，还继续充电，有可能会导致电解液分解产生气体。若是锂离子电池，其正极活性物质的氧化能力会增高，有时会分解溶液，这样会很危险。这也是引起镍氢电池产生记忆效应的原因。
过放电	电池在放电过程中，超过电池放电的终止电压值，还继续放电。它是导致电池内部的电解液分解、漏液的原因。
恒流充放电	在恒值电流状态下充电或放电。一般在评价二次电池性能时要进行恒流充放电。充放电周期试验包括两种情况：反复连续地进行充电和放电；当电池充电后休止一段时间后再进行放电，并且反复地循环此过程。
恒阻放电	通过一个固定的电阻让电池放电。一般会用恒阻放电方式进行一次电池的放电试验。
恒流恒压充电	CCCV：Constant Current Constant Voltage 的简称。在充电初期以恒流充电，当接近充电终期时，切换成恒值终止电压充电。采用这种方法，在充电初期能够以温和的条件进行充电，在充电终期，能够慢慢地促进充电反应，所以能够使电池充电达到它的额定容量。

化学电池	利用化学反应直接将化学能转换为电能的电池。它包括一次电池、二次电池、燃料电池。
活性物质	引发起电反应的反应物质。
记忆效应	对于像镍镉二次电池、镍氢二次电池那样用氢氧化镍作为正极活性物质的碱性二次电池，在没有完全放电的状态下就再次进行充电，这样重复多次电池就会变为过充电状态，其工作电压就会降低，就无法提取出电池本来的容量，我们将这一现象叫做电池的记忆效应。很多情况下，将电池完全放电后，再充饱电，如此多次循环，即可使电池容量恢复到接近正常值的状态。 造成这种现象的主要原因是由于过充电在镍极内生成了 γ- 羟基氧化镍。而在正常的充放电过程中，会在氢氧化镍和 β- 羟基氧化镍之间进行充放电。
间歇性放电	定时让电池反复交互地进行放电、终止放电的方法。
涓流充电 **(trickle charge)**	连续不断地以一定的小电流（C/50 ~ C/20）充电。又称维护充电，是用来弥补电池在充满电后由于自放电而造成的容量损失。当电池被用作紧急灯电源时，一般状态下它会脱离负荷（紧急灯）以大于自放电状态电流的小电流不断地充电，一旦发生紧急状况外部电源被切断时，它马上会与紧急灯连接起来，紧急灯就会亮。如果以太大的电流充电的话，电池就会变成过充电状态，这样会使电池性能劣化。
开路电压	也称为 OCV：Open Circuit Voltage。是指电池无负荷时或不通外电流时，电池正、负极两端的电压。在没有放电的新电池中，该电压几乎等于 E_{cell}。一般随着电池开始放电，其开路电压会降低。

库仑效率和能量效率	是评价二次电池性能的指标。库仑效率（也叫充放电效率）是指电池的有效放电容量（安培・小时，A・h）与同循环过程中所需的充电容量之比，能量效率是指有效输出的电能总量（即可以做有用功）与电池输入电能总量（瓦特・小时，W・h）之比，一般用 % 来表示它们。库仑效率一般是在低电流状态下将充满电的电池放电后，再以相同的电流对电池充电 C_A（A・h），接着在相同的电流状态下让电池放电 C_B，然后根据"$(C_B/C_A)\times100$"求得。库仑效率有时用来评价二次电池的性能，有时用来单独评价其正极或负极。 当电流维持在恒定值状态下充放电时，电池的能量效率可以通过"库仑效率×(平均放电电压/平均充电电压)"求得。平均放电电压、平均充电电压分别与所测定的放电曲线、充电曲线中电池放电、充电容量的中间值所对应的值相当。电池的内部阻抗越大，其平均放电电压越低，平均充电电压越高，其能量效率就越低。
快速充放电	在大电流状态下充电、放电。
理论能量密度	从电池中能够提取的电能是电量（放电容量）和电压的乘积，电量是通过外部电路的电流与电流通过时间的乘积。下式 $-\Delta G=nFE_{cell}$ （1） 所表示的吉布斯自由能（Gibbs free energy）的变化量就是电池所能提取的最大能量，也就是它在最大放电能状态下的理论能量。这里的 n 是指参与电子化学反应的电子数，F 是法拉第常量，E_{cell} 是电池的电动势。 F=96 485C/mol =（96 485A・s/3600s）h/mol = 26.8A・h/mol，以单位 W・h 表示 nFE_{cell}。我们将它除以参与电池反应的正负极活性物质的摩尔质量之和所得到的值叫做理论质量能量密度（W・h/g），将它除以活性物质的体积所得到的值叫做理论体积能量密度（W・h/cm³）。因此，（1）式右边的 n 与 E_{cell} 越大，且活性物质的式量和原子量越小，电池的理论能量密度就越大。

理论容量和利用率	活性物质放电时得到的电池容量的理论值（理论容量）可以根据法拉第定律通过式（1）计算出来，通常它的单位为mA·h/g。 $$理论容量=\frac{1000nF}{3600M}=\frac{1000\times 26.8nF}{M}(\mathrm{mA\cdot h/g})\quad(1)$$ 这里的n是参与反应的电子数，M是以g为单位表示活性物质的原子量、分子量或式量，F是法拉第常量，为96 485C/mol。因此，如果选择n大、M小的物质的话，理论容量就会大。在实际电池中，并不能将活性物质100%地利用，所以实际容量会比理论容量(假设为Q_0）小。假设实际提取的电量（放电容量）为Q，我们将实际放电容量与理论容量的百分比（Q/Q_0）叫做活性物质的利用率。如果增大放电电流，利用率就会变低。 一般考虑到电池的安全性、电池性能等因素，正极和负极的活性物质填充量不会相等，有一边会少些，因此电池的理论容量由填充量少的活性物质的理论容量所决定。
连续放电	不停地持续放电。
漏液	电解液渗出到电池的外壳表面。
内部电阻	电池的端子之间，也就是在整个电池内部的电阻越低越好。
内部短路	由于隔膜损伤以及在隔膜中或隔膜上下部位混入了导电性物质而导致在电池内部正极与负极直接接触。此时会有强大的电流通过，电池会发热，很危险。
能量和能量密度	可以用瓦特·小时（W·h）来表示能量。100W·h= 100W×1h=360 000W·s=360 000V·A·s=360 000C·V=360 000J。也就是说，100W·h相当于360kJ。能量密度是指在单位重量活性物质中所储存的能量，其单位为W·h/kg。100W·h/kg表示某一活性物质每千克所拥有的能量为100W·h。

能量转换效率	如果以热能为基准来表示电池的理论能量转换效率（ε_{th}），可以用下式来表示。 $$\varepsilon_{th}=\frac{\Delta G}{\Delta H}=\frac{\Delta H-T\Delta S}{\Delta H}$$ 由此可以看出，因为分子 [含有熵（entropy）的项] 比分母 ΔH 小，所以理论能量转换效率不可能为 100%。但是 $T\Delta S$ 是一个非常小的值，从电子化学的角度来看，ΔG 有可能会全部变为电子化学能。例如，在燃料电池的反应 $H_2+1/2O_2 = H_2O$（25℃）中，ΔH、ΔG 分别为 −285.83kJ/mol、−237.13kJ/mol（当 H_2O 为液体时），所以根据式（1）求理论能量转换效率就是 83%。但是与 ΔG 对应的 E_{cell} 是平衡时也就是无电流通过时的电池电压，电池的工作电压 E 比它要低，并且活性物质的利用率也不是 100%，所以电池的实际能量转换效率为下式。 $$\varepsilon_{ac}=\frac{\Delta G}{\Delta H}\cdot\frac{E}{E_{cell}}\cdot\frac{Q}{Q_0}$$ 要提高电池的能量转化效率，只要想把办法让右边的 E/E_{cell} 和 Q/Q_0 分别接近 100% 就可以了。
爬碱	在碱性电池中，电解液从封口处爬出（漏液）的现象。根据周围环境，有时是湿的，有时是干的。
轻负荷放电	在小电流状态下慢慢地放电。
燃料电池	从电池外部连续地给电池供应活性物质氢气和氧气，让它们在电池的正极和负极进行电子化学反应，同时提取电能并将反应生成物水连续地抽到电池外部的能量转换系统。
容量	从电池开始放电后到其端子电压降低到终止电压之前所能提取的电量。通常用安培・小时（A・h）来表示它的容量。或者又叫它可提取电量。

容量维持率	是指电池在某周期时点的放电容量与其初始容量的百分比。即使经过了多次充放电周期，依然能够长期维持其初始容量的电池就是性能优越的电池。不过即使库仑效率为 100%，但是如果反复循环地进行充放电，一般电池的容量都会降低。对于锂电池而言，当它的容量维持率到 60% 时，就将这看作它的电池寿命。容量维持率降低的原因有很多，如由于正极或负极活性物质的晶体结构被破坏、溶解以及活性物质粒子从集电体上脱落等导致的电池性能劣化，还有因电解液的分解或枯竭、放电生成物黏附在活性物质表面、隔膜性能老化等多种因素所导致的电池性能恶化。总之其原因很复杂，因电池种类不同而不尽相同。很多时候都会单独测定正极、负极的充放电周期寿命，即容量维持率。 一次电池和充电状态的二次电池经过一段时间后，由于自放电其容量会变少，并小于其初始容量。此时，我们就用容量维持率来表示它的容量状态。一般一次电池比充电状态的二次电池的容量维持率高，不过现在的二次电池自放电速度减慢，其容量维持率有所改善。
时率、C 率（倍率）（在放电时叫做放电率）	以充放电时间（h）表示的充放电速率。时率指以一定的电流，充满或放完额定电源容量所需的小时数。例如，当以C安培（A）的电流在 1h 内将某个电池的额定容量充满或放完时，这种情况就叫做 1 时率充电、1 时率放电，那么此时的充放电倍率就叫做 1C 率充电、1C 率放电（这里的 C 并不是库仑）。如果将电流值提高到原来的 10 倍，在 6min 就能完成充放电（0.1 时率），那么此时就是 10C 率充放电。在单独评价正负极活性物质时，会先求出活性物质所期望的理论容量，然后决定其电流值，并以此来评价它们的时率、C 率。随着时率、C 率的提高，就不能跟上电子化学反应的速度，活性物质的利用率就会降低，所以能够提取的电量就会变小。

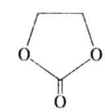
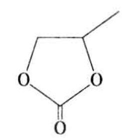
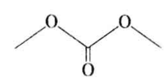
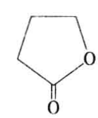
寿命	一次电池的寿命包括其放电后能够使用的时间和其存放寿命。二次电池的寿命包括其充放电周期寿命和电池所规定的到达其最低限度容量的时间。
输出功率和功率密度	在电池的用途中，很多用途都要求它像发动机驱动电源那样以大电流放电和在瞬间输出功率，因此作为表示电池性能的标准，除了能量密度外还有功率密度。功率密度的单位为 W/kg 或 W/L。电池的输出功率 P（瓦特、W）为放电时的电流（I）与工作电压 (E, 也叫闭路电压、端子电压) 的乘积，可以用下式表示。 $$P = IE = I(E_{cell} - IR) = \frac{E_{cell}^2}{4R} - R(I - \frac{E_{cell}}{2R})^2$$ E_{cell} 为电池的电动势，R 为电池的电阻。当电池放电时，电流为 $E_{cell}/2R$ 时，输出功率 P 能达到最大值。不过在实际的电池中，有时因为设计上的原因，并不能达到这个最大输出功率 $E_{cell}^2/4R$。在这样的电池中，实际的最大输出功率 P 会在满足小于最大允许电流以及大于最低允许电压这两个条件的放电电流与放电电压的乘积中达到最大值。
物理电池	利用物理现象发电的电池，包括太阳能电池、热激活储备电池、双电层电容器、核电池等。
盐渍	碱性电池封口处产生的白色粉末状物质。
一次电池	只能放电不能充电的化学电池。
正极	带有 +（正极）符号的端子。它是电子从外部电路流进来所到达的电极，在它与电解液的界面会进行还原反应，也是电流流出到外部电路的电极。在电池领域一般不使用阳极这个词。
正极活性物质	引起电池正极发生起电反应的强氧化性物质。主要用二氧化锰、二氧化铅、羟基氧化镍、钴酸锂等金属氧化物作为正极活性物质。空气中的氧气也可被用作正极活性物质。

终止电压	电池充电或放电结束的底线电压值。在一次电池中以其实用寿命为标准，在二次电池中以其充电结束、放电结束的电压值为标准。
重负荷放电	在大电流状态下快速地放电。
周期寿命	二次电池如果反复地进行充电放电，其容量就会逐渐降低。当在某一条件，如一定温度状态下规定其充电深度和电流大小，让其反复地充电放电，直至其充放电容量只能达到初始值的 80%（或 60%），在此之前二次电池能够反复地进行多少次充放电，就是二次电池的周期寿命。
自放电	一般在不使用电池直接将它存放时，其容量也会逐渐地因为化学反应而降低，我们将这种现象叫做自放电现象。最好将电池放在低温避光处保存，如用塑料袋将它封好后放入冰箱中保存。

英文用语

LIB	Lithium Ion Batteries 的略称。 取各个英文单词的头一个字母而组成的缩略语，指锂离子电池。
SEI	Solid Electrolyte Interface 的略称。 指固体和电解质的界面，分别取英文单词的头一个字母而组成。在锂离子电池中，在石墨（黑铅）负极和电解液的界面（SEI）电解液发生分解，会产生离子选择透过性膜，这层薄膜会选择性地让锂离子穿过界面到达石墨表面。这层薄膜的好坏会影响到电池的放电容量和周期寿命。

附录 2　电池中经常用到的物质的化学式

<table>
<tr><th>物质名称</th><th>化学式</th><th>物质名称</th><th>化学式</th></tr>
<tr><td>锌</td><td>Zn</td><td>铅</td><td>Pb</td></tr>
<tr><td>硫</td><td>S</td><td>二氧化锰</td><td>MnO_2</td></tr>
<tr><td>氯化锌</td><td>$ZnCl_2$</td><td>二氧化铅</td><td>PbO_2</td></tr>
<tr><td>氯化铵</td><td>NH_4Cl</td><td>镍</td><td>Ni</td></tr>
<tr><td>亚硫酰氯（氯化亚硫酰）</td><td>$SOCl_2$</td><td>氟化石墨</td><td>$(CF)_n$</td></tr>
<tr><td>羟基氧化镍</td><td>NiOOH</td><td>β-铝矾土</td><td>$Na_2O \cdot 11Al_2O_3$</td></tr>
<tr><td>过氯酸锂（高氯酸锂）</td><td>$LiClO_4$</td><td rowspan="12">有机溶剂
（适当地利用右边的有机溶剂）</td><td rowspan="12">碳酸乙烯酯
(ethylene carbonate, EC)

碳酸丙烯酯
（propylene carbonate, PC）

碳酸二甲酯
（dimethyl carbonate, DMC）

γ-丁内酯
</td></tr>
<tr><td>氢氧化钾</td><td>KOH</td></tr>
<tr><td>氢氧化钠</td><td>NaOH</td></tr>
<tr><td>镉</td><td>Cd</td></tr>
<tr><td>钴酸锂</td><td>$LiCoO_2$</td></tr>
<tr><td>氧化银</td><td>AgO_2
（另外还有AgO，但是主要使用的是AgO_2）</td></tr>
<tr><td>氧气</td><td>O_2</td></tr>
<tr><td>硅</td><td>Si</td></tr>
<tr><td>水银（汞）</td><td>Hg</td></tr>
<tr><td>氢离子</td><td>H^+</td></tr>
<tr><td>氢气</td><td>H_2</td></tr>
<tr><td>氢氧化镉</td><td>$Cd(OH)_2$</td></tr>
<tr><td>氢氧化镍</td><td>$Ni(OH)_2$</td><td>四氟硼酸锂</td><td>$LiBF_4$</td></tr>
<tr><td>氢氧化根离子</td><td>OH^-</td><td>硫酸</td><td>H_2SO_4</td></tr>
<tr><td>碳（石墨、黑铅）</td><td>C</td><td>硫酸铅</td><td>$PbSO_4$</td></tr>
<tr><td>钠</td><td>Na</td><td>六氟磷酸锂</td><td>$LiPF_6$</td></tr>
</table>

附录 3　化学电池中用到的主要材料和部件

主要材料	零部件
正极活性物质	在电池反应中吸收电子的物质，具有强氧化性。一般使用二氧化锰、氧化铅、氧化银、亚硫酰氯、空气（氧气）、钴酸锂、锰酸锂、硫等。
负极活性物质	在电池反应中释放电子的物质，具有强还原性。一般使用铅、锌、钠、锂、氢气等。
导电材料	因为在正极活性物质中有很多物质难以让电子通过，所以在这些物质的粉末中添加导电材料使电子容易通过。一般使用乙炔炭黑（acetylene black）、超导电炭黑（ketjen black）、炭黑（carbon black）等碳素粉末。
黏合剂（黏结材料）	在活性物质中有很多粉末，为了使它们构成电极形状，在锂离子电池等电池中，在活性物质中加入导电材料、黏合剂、溶剂将它们混成糊状涂抹在集电体金属薄片上，并使其固定成为薄的带状电极。作为黏合剂一般使用将苯乙烯丁二烯共聚物（styrene-butadiene copolymer）撒在水中所形成的水性黏合剂，以及把聚偏二氟乙烯（polyvinylidene difluoride，PVDF）溶解到1-甲基-2-吡咯烷酮（别名*N*-甲基吡咯烷酮、1-methyl-2-pyrrolidinone)溶剂中所形成的黏合剂。
电解质溶液（电解液）	在水或有机溶剂中添加电解质所形成的离子解离液体，容易让电流通过。在水溶液电池中，一般使用氯化锌、氢氧化钾、硫酸作为电解质，在非水系电池中，一般使用高氯酸锂、六氟磷酸锂、四氟硼酸锂、四氯铝酸锂等作为电解质。作为有机溶剂，一般根据目的适当地使用碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、碳酸二甲酯、γ-丁内酯、氯化亚硫酰等。
隔膜	为了防止正极和负极在电池容器内直接接触而在正负极之间插入的薄膜一般使用浆层纸（锰干电池）、玻璃纤维板（铅蓄电池）、维尼纶、聚丙烯、聚乙烯、聚酰胺等非织造材料（碱性水溶液电池）、聚乙烯和聚丙烯多孔薄膜（锂离子电池）等。总之它们都带有让离子通过的微小细孔，需要具有耐氧化性、还原性等。在锂离子电池上的隔膜还带有防御功能，在由于某种原因导致电池发热时，隔膜会熔解，堵住微小细孔，阻止离子流动。
集电体	集电体具有让电流从活性物质内部流向外部或者从外部流向活性物质的作用。在锰干电池中使用碳棒（正极）作为集电体，在碱性锰干电池中使用黄铜线（负极）作为集电体，而在钮扣形电池、硬币形电池中，电池容器本身就是集电体。在锂离子电池中，在正极使用铝箔、在负极使用铜箔，并且在上面涂抹一层薄薄的活性物质。
电池容器	发电系统，也就是收纳正负极活性物质、电解质溶液等东西的容器。
PTC元件	在锂离子电池中安装的温度保险丝，当由于某种不适当操作引起电池发热时，会使电阻值增加不让电流通过，防止温度上升。
安全阀	由于某种不适当操作引发二次电池过充电或过放电导致电解液发生分解，此时会产生气体，电池内部压力会上升。这样为了防止电池破裂，当内压达到一定程度时释放出气体降低电池内压，在电池内部设置了压力阀。

（O-4847.0101）
责任编辑：张丽娜　赵丽艳
责任制作：董立颖　魏　谨
封面制作：泊　远

用漫画这种形式讲数学、物理和统计学，十分有利于在广大青少年中普及科学知识。

周恩来、邓颖超秘书，周恩来邓颖超纪念馆顾问
中日友好协会理事，《数理天地》顾问，全国政协原副秘书长

用漫画和说故事的形式讲数学，使面貌冷峻的数学变得亲切、生动、有趣，使学习数学变得容易，这对于提高全民的数学水平无疑是功德无量的事。

《数理天地》杂志社　社长 总编
"希望杯"全国数学邀请赛组委会 命题委员会主任

用漫画的形式，讲解日常生活中的数学、物理知识，更能让大家感受到数学殿堂的奥妙与乐趣。

《光明日报》 原副总编辑
中华炎黄文化研究会 常务副会长

科学漫画是帮助学习文科的人们用形象思维的方式掌握自然科学的金钥匙。

中国人民大学外语学院日语专业 主任
大学日语教学研究会 会长

在日本留学的时候，我在电车上几乎每次都能看到很多年轻的白领看这套图书，经济实惠、图文并茂、浅显易懂，相信这套图书的中文版也一定会成为白领们的手中爱物。

大连理工大学 能源与动力学院 博士 副教授

我非常希望能够在书店里看到这样的书：有人物形象、有卡通图、有故事情节，当然最重要的还有深厚的理工科底蕴。我想这样的书一定可以大大提升孩子们的学习兴趣，降低他们对于高深的理工科知识的恐惧感。

北京启明星培训学校 校长

书中的数学知识浅显实用，漫画故事的形式使知识贴近生活，概念更容易理解。

北京大学 数学科学学院 博士

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-035261-3

9 787030 352613 >

科学出版社 东方科龙
联系电话：010-82840399
E-mail:boktp@mail.sciencep.com
有关网址：http://www.okbook.com.cn

销售分类建议：科普

定　价：32.00 元